

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-182051

(P2002-182051A)

(43)公開日 平成14年6月26日(2002.6.26)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

FI

テマコード*(参考)

G 0 2 B 6/122

G 0 2 B 6/12

B 2 H 0 4 7

H 0 1 L 31/0232

H 0 1 L 31/02

C 5 F 0 8 8

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 18 頁)

(21)出願番号 特願2001-258140(P2001-258140)

(22)出願日 平成13年8月28日(2001.8.28)

(31)優先権主張番号 特願2000-305195(P2000-305195)

(32)優先日 平成12年10月4日(2000.10.4)

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72)発明者 佐々木 隆

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

(72)発明者 藤村 康

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

(74)代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

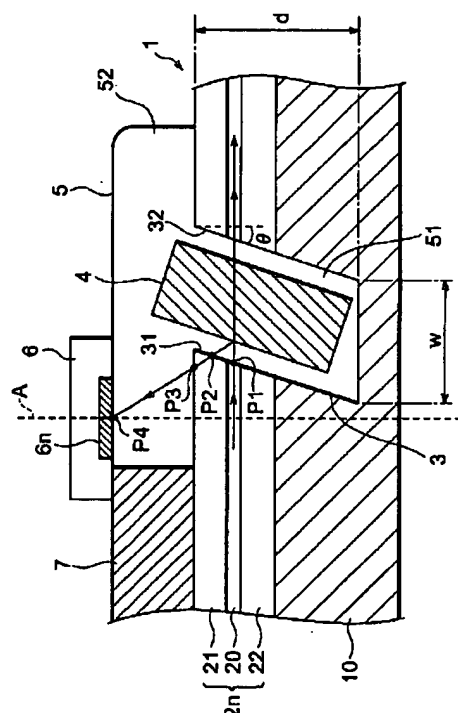
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光導波路モジュール

(57)【要約】

【課題】 光回路の構成が簡単化されるとともに、信号光の偏波状態に関わらず正しく光強度をモニタすることが可能な光導波路モジュールを提供する。

【解決手段】 光平面導波路型回路1において、光導波路2_nを横切るように、垂直軸に対する傾き角度θで斜めの溝3を形成する。そして、溝3の内側に、信号光に対する各直交偏波間の反射率の差が補償されるように構成された反射フィルタ4を設置し、反射フィルタ4からの反射光を光検出器6_nで検出して、信号光の光強度をモニタする。これにより、信号光の偏波状態に関わらず正しく光強度をモニタすることが可能となる。また、反射フィルタ4を含む溝3の内側を充填樹脂5によって封止しているので、それらが汚染されることによる長期的な動作安定性の劣化が防止される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板、及び前記基板上に形成された平面導波路型の光導波路を含んで構成され、前記光導波路の所定部位を横切るように、前記光導波路の光軸に直交する垂直軸に対して所定の傾き角度 θ ($0^\circ < \theta$) で斜めに形成された溝を有する光平面導波路型回路と、前記光平面導波路型回路の前記溝の内側に、前記光導波路を伝送される信号光が通過する部位を含んで設置されるとともに、前記信号光の一部を、各直交偏波間での反射率の差が補償された所定の反射率によって反射する反射フィルタと、少なくとも前記溝の内側を封止するように充填された充填樹脂と、前記反射フィルタによって前記信号光が反射された反射光を検出する光検出器と、を備えることを特徴とする光導波路モジュール。

【請求項2】 前記光平面導波路型回路に形成された前記溝の前記傾き角度 θ は、 $0^\circ < \theta \leq 40^\circ$ の角度範囲内にあることを特徴とする請求項1記載の光導波路モジュール。

【請求項3】 前記充填樹脂として、前記光導波路のコアと略同一の屈折率を有する樹脂材料を用いることを特徴とする請求項1記載の光導波路モジュール。

【請求項4】 前記充填樹脂は、前記溝の内側に加えて、前記溝の上側を含む前記光平面導波路型回路の上面の所定範囲を封止するように充填されとともに、前記溝の内側を封止する内部充填樹脂、及び前記光平面導波路型回路の上面を封止する上部充填樹脂として、互いに略同一の屈折率を有する樹脂材料を用いることを特徴とする請求項1記載の光導波路モジュール。

【請求項5】 前記光平面導波路型回路と前記光検出器との界面、または前記充填樹脂と前記光検出器との界面に、使用する光波長帯域の反射を防止するコート膜が設けられていることを特徴とする請求項1記載の光導波路モジュール。

【請求項6】 前記光検出器の受光面は、前記反射フィルタによって反射された前記反射光による楕円形状の反射光スポットを含む略楕円形状に形成されていることを特徴とする請求項1記載の光導波路モジュール。

【請求項7】 前記光平面導波路型回路の前記光導波路として、N本(Nは複数)の光導波路を有し、前記光検出器として、前記N本の光導波路にそれぞれ対応するN個の光検出器を備えるとともに、前記N本の光導波路それぞれを伝送される前記信号光の一部が、前記反射フィルタによって対応する前記光検出器へと反射されるN個の反射光路に対して、前記N個の反射光路それぞれの間に、前記反射光路同士を隔離するための光路隔離手段が設けられていることを特徴とする請求項1記載の光導波路モジュール。

【請求項8】 前記光路隔離手段は、前記光平面導波路

型回路内において、前記反射光路から隣接する反射光路へと通過する光を遮蔽するように、前記N本の光導波路それぞれの間に設けられた光遮蔽手段であることを特徴とする請求項7記載の光導波路モジュール。

【請求項9】 前記光路隔離手段は、前記充填樹脂内において、前記反射光路から隣接する反射光路へと通過する光を遮蔽するように設けられた光遮蔽手段であることを特徴とする請求項7記載の光導波路モジュール。

【請求項10】 前記充填樹脂は、前記溝の内側に加えて、前記溝の上側を含む前記光平面導波路型回路の上面の所定範囲を封止するように充填されとともに、前記光平面導波路型回路の上面側に、前記N個の光検出器を載置するための載置部材が設けられ、前記光遮蔽手段は、前記光平面導波路型回路の上面を封止する上部充填樹脂内に突出するように前記載置部材に設けられた光遮蔽部からなることを特徴とする請求項9記載の光導波路モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、基板上に形成された平面導波路型の光導波路を有する光導波路モジュールに関するものである。

【0002】

【従来の技術】光ファイバまたは光平面導波路などの光導波路を用いた光回路においては、各光導波路を伝送される信号光の光強度を一定に保つなど、信号光の光強度を好適な値に制御することが望ましい場合がある。このような場合、信号光の光強度を光回路中でモニタし、あるいはさらに、モニタした結果に基づいて光強度を制御することが行われている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記した信号光の光強度のモニタには、従来、光導波路上に光カプラを設けて信号光の一部を分岐する方法が用いられている。この方法では、光導波路上の所定の位置に光カプラを設けて信号光を数%程度分岐し、分岐した光の光強度を光検出器でモニタすることによって、その光導波路を伝送されている信号光の光強度をモニタする。

【0004】しかしながら、このように光カプラを用いた場合、光回路を構成する光学部品の点数が増加する上、それらを融着接続する必要があるため、光回路の構成及び製造工程が複雑化するという問題がある。

【0005】これに対して、光カプラを用いることなく、信号光を一部反射させて光強度をモニタする方法が提案されている。例えば、特開平6-331837号公報に記載された光デバイスでは、光導波路の所定部位に光軸に対して斜めの端面を形成し、その端面で光軸とは異なる方向に反射された信号光の一部である反射光を検出して、光強度をモニタしている。また、特開2000-155235号公報に記載された光ファイバは、光の

分岐・合流構造に関するものであり、光ファイバの所定部位に光軸に対して垂直な端面を形成して信号光の一部を外に出射させ、出射された光の一部を光軸に対して斜めの他の端面によって反射させて取り出している。

【0006】しかしながら、このように信号光の一部を反射させて光強度のモニタに用いた場合、斜めの端面での信号光の反射率は、反射する信号光の偏波状態によって異なる値となっている。このため、光導波路を伝送されている信号光の偏波状態が特定されなければ、正しく光強度をモニタすることができない、という問題がある。また、光導波路の端面が外気にさらされている場合、端面の汚染によって反射率などの長期的な安定性が劣化してしまう。

【0007】本発明は、以上の問題点を解決するためになされたものであり、光回路の構成が簡単化されるとともに、信号光の偏波状態に関わらず正しく光強度をモニタすることが可能な光導波路モジュールを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、本発明による光導波路モジュールは、(1) 基板、及び基板上に形成された平面導波路型の光導波路を含んで構成され、光導波路の所定部位を横切るように、光導波路の光軸に直交する垂直軸に対して所定の傾き角度 θ ($0^\circ < \theta$) で斜めに形成された溝を有する光平面導波路型回路と、(2) 光平面導波路型回路の溝の内側に、光導波路を伝送される信号光が通過する部位を含んで設置されるとともに、信号光の一部を、各直交偏波間での反射率の差が補償された所定の反射率によって反射する反射フィルタと、(3) 少なくとも溝の内側を封止するように充填された充填樹脂と、(4) 反射フィルタによって信号光が反射された反射光を検出する光検出器と、を備えることを特徴とする。

【0009】上記した光導波路モジュールでは、光カプラによって光導波路を分岐するのではなく、光導波路上に設けられた斜めの溝において信号光の一部を反射させ、その反射光によって信号光の光強度をモニタすることが可能な構成となっている。これにより、光回路の構成及び製造工程が簡単化される。

【0010】また、信号光の反射を溝の端面によって行うのではなく、各偏波状態間の反射率が等しくされる偏波補償が実現された反射フィルタを溝の内側に設置し、この反射フィルタで信号光の一部を反射して、光強度のモニタに利用している。このとき、反射フィルタによる信号光の反射率が、光導波路を伝送されている信号光の偏波状態によらずほぼ一定となるので、信号光の偏波状態に関わらず正しく光強度をモニタすることが可能となる。また、反射フィルタを含む溝の内側を充填樹脂によって封止しているので、溝の端面や反射フィルタが外気に触れることがなく、端面等の汚染による長期的な安定

性の劣化が防止される。

【0011】ここで、光平面導波路型回路に形成された溝の傾き角度 θ は、 $0^\circ < \theta \leq 40^\circ$ の角度範囲内にあることが好ましい。

【0012】溝及び反射フィルタの垂直軸に対する傾き角度 θ が大きくなると、信号光が大きい角度で反射されることとなるが、このとき、各直交偏波間の反射率の差が増大し、反射フィルタによる反射率の差の補償が困難となる。これに対して、傾き角度 θ を上記の角度範囲内としておけば、反射フィルタにおける反射率の差の補償を充分に実現することができる。

【0013】また、充填樹脂として、光導波路のコアと略同一の屈折率を有する樹脂材料を用いることを特徴とする。これによって、光導波路及び充填樹脂の界面となる溝の端面での、信号光の余分な反射が抑制される。

【0014】さらに、充填樹脂は、溝の内側に加えて、溝の上側を含む光平面導波路型回路の上面の所定範囲を封止するように充填されるとともに、溝の内側を封止する内部充填樹脂、及び光平面導波路型回路の上面を封止する上部充填樹脂として、互いに略同一の屈折率を有する樹脂材料を用いることが好ましい。

【0015】これによって、内部充填樹脂の界面における信号光(反射光)の余分な反射とともに、上部充填樹脂の界面における信号光(反射光)の余分な反射をも同様に制御することが可能となる。ここで、内部充填樹脂及び上部充填樹脂に同一の樹脂材料を用いることとすれば、樹脂を充填する工程を簡単化することができる。

【0016】また、光平面導波路型回路と光検出器との界面、または充填樹脂と光検出器との界面に、使用する光波長帯域の反射を防止するコート膜(反射防止コート)が設けられていることを特徴とする。光検出器の屈折率は、通常、光導波路や充填樹脂の屈折率から大きく異なる。これに対して、必要に応じて反射防止コートを設けておけば、光検出器へと反射光が入射されるときに生じる余分な反射が抑制され、それによって生じる偏波依存性を抑制することができる。

【0017】また、光検出器の受光面は、反射フィルタによって反射された反射光による楕円形状の反射光スポットを含む略楕円形状に形成されていることを特徴とする。

【0018】光導波路を伝送されてくる信号光は、コア形状から円形の信号光スポットを有しているので、斜めの反射フィルタによって反射された反射光のスポットは楕円形状となる。これに対して、光検出器の受光面を略楕円形状としておけば、不必要な受光面部分からのノイズ等の発生を低減することができ、光強度のモニタの効率が向上される。また、光導波路の光軸に垂直な配列方向に対する受光面の幅を最小限とすることができるので、光導波路アレイに対応して光検出器アレイを設置する場合に、光検出器の配列ピッチを小さくして、効率的

な光回路の構成とすることが可能となる。

【0019】また、光導波路モジュールは、光平面導波路型回路の光導波路として、N本（Nは複数）の光導波路を有し、光検出器として、N本の光導波路にそれぞれ対応するN個の光検出器を備えるとともに、N本の光導波路それぞれを伝送される信号光の一部が、反射フィルタによって対応する光検出器へと反射されるN個の反射光路に対して、N個の反射光路それぞれの間に、反射光路同士を隔離するための光路隔離手段が設けられていることを特徴とする。

【0020】このように、光平面導波路型回路がN本（Nチャンネル）の光導波路を有し、それぞれの光導波路を伝送されるNチャンネルの信号光の光強度をモニタする場合には、反射フィルタによって反射されたNチャンネルの信号光が、それぞれ所定の反射光路を伝搬して対応する光検出器で検出される。このとき、反射フィルタで反射された光導波路からの信号光が、対応する光検出器で検出される一方で、フィルタやその他の個所で生じる光の散乱、反射、伝送される光の広がりなどにより、その一部が隣接する他チャンネルの光検出器に入射して検出されクロストークが劣化する場合がある。

【0021】これに対して、上記のように隣接する反射光路間に光路隔離手段を設けることにより、隣接するチャンネル間でのクロストークの発生を極力防止することができる。これにより、それぞれの光導波路を伝送されるNチャンネルの信号光について、それぞれのチャンネルでの信号光の光強度を正確にモニタすることが可能となる。

【0022】また、反射光路同士を隔離するための構成としては、光路隔離手段は、光平面導波路型回路内において、反射光路から隣接する反射光路へと通過する光を遮蔽するように、N本の光導波路それぞれの間に設けられた光遮蔽手段である構成が好適である。あるいは、光路隔離手段は、充填樹脂内において、反射光路から隣接する反射光路へと通過する光を遮蔽するように設けられた光遮蔽手段である構成が好適である。

【0023】このように、光平面導波路型回路内または充填樹脂内に光遮蔽手段を設けることにより、隣接するチャンネル間でのクロストークの発生を確実に防止することができる。このような光遮蔽手段としては、信号光波長の光を吸収、反射、あるいは散乱等することによって光を遮蔽する効果を有する光遮蔽材料を用いることが好ましい。

【0024】充填樹脂内に光遮蔽手段を設ける場合の具体的な構成としては、充填樹脂は、溝の内側に加えて、溝の上側を含む光平面導波路型回路の上面の所定範囲を封止するように充填されるとともに、光平面導波路型回路の上面側に、N個の光検出器を載置するための載置部材（マウント部材）が設けられ、光遮蔽手段は、光平面導波路型回路の上面を封止する上部充填樹脂内に突出す

るように載置部材に設けられた光遮蔽部からなる構成を用いることができる。また、載置部材とは別に光遮蔽手段を設ける構成を用いても良い。

【0025】もちろん、単に光導波路の導波路コア間に光路隔離手段として溝を設けるだけでも、適切な溝幅、溝側壁部の荒れなどを設けることによって、散乱光を抑制してクロストークの発生を防止する効果が得られる。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、図面とともに本発明による光導波路モジュールの好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明においては同一要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面の寸法比率は、説明のものと必ずしも一致していない。

【0027】図1は、本発明による光導波路モジュールの第1実施形態の構成を示す平面図である。この光導波路モジュールは、基板10、及び基板10上に形成された平面導波路型の8本（8チャンネル）の光導波路2₁～2₈を有して構成される光平面導波路型回路1を備えている。

【0028】光導波路2₁～2₈のそれぞれは、所定の光伝送方向（図1中の矢印の方向）に沿って、光平面導波路型回路1の入力端11から出力端12に向かって、互いに平行かつ等間隔に形成されている。また、光平面導波路型回路1の光伝送方向に対する所定部位に、光導波路2₁～2₈を横切る溝3が設けられている。

【0029】この溝3は、その内側に各光導波路2₁～2₈を伝送される信号光の一部を反射するための反射フィルタ4が設置されるとともに、充填樹脂5によって封止されている。また、溝3よりも上流側の位置で光平面導波路型回路1の上方には、サブマウント基板7が設置されるとともに、充填樹脂5及びサブマウント基板7の上方には、光導波路2₁～2₈にそれぞれ対応した8個の光検出器6₁～6₈を有する光検出器アレイ6が設置されている。光平面導波路型回路1とサブマウント基板7、及びサブマウント基板7と光検出器アレイ6とは、例えば半田によって固定される。

【0030】なお、図1においては、光検出器6₁～6₈について、それぞれの受光面の形状を点線で図示している。また、サブマウント基板7は、光検出器アレイ6を載置するための載置部材（マウント部材）であるとともに、その上面に、図1中に模式的に示されているように、光検出器6₁～6₈からの光検出信号を読み出すための配線や電極等が形成されている。

【0031】図2は、図1に示した光導波路モジュールの断面構造を、光導波路2_n（n=1～8）の光軸方向（光平面導波路型回路1の光伝送方向）に沿って示す断面図である。なお、この図2においては、溝3、反射フィルタ4、及び光検出器アレイ6を含む部分を拡大して示してある。

【0032】光平面導波路型回路1における光導波路2

nは、図2に示すように、下部クラッド22、コア20、及び上部クラッド21が基板10上に形成されることによって構成されている。これに対して、光導波路2nを所定部位で横切る溝3は、コア20に相当し、光導波路2nを伝送される信号光が通過する部位を少なくとも含む深さdで、光導波路2nの光軸に直交（基板10に直交）する垂直軸（図2中に点線で示されている）に対して、所定の傾き角度 θ （ $0^\circ < \theta$ ）で斜めに形成されている。本実施形態においては、溝3の深さdは光導波路2nの厚さよりも大きく設定されている。

【0033】溝3の内側には、反射フィルタ4が挿入されている。反射フィルタ4は、光軸に対して溝3と略同一の角度 θ で、光導波路2nを伝送される信号光が通過する部位を少なくとも含むように設置されている。この反射フィルタ4は、好ましくは誘電体多層膜フィルタからなり、光導波路2nを伝送される所定波長（所定の波長帯域内）の信号光の一部が、一定の反射率で反射されるように構成されている。

【0034】さらに、この反射フィルタ4を構成している誘電体多層膜フィルタは、信号光を反射する際の各直交偏波間での反射率の差が補償されて、各偏波状態の信号光成分がほぼ等しい反射率で反射されるように形成されている。このような各偏波状態の信号光成分に対する反射率の設定は、例えば、誘電体多層膜フィルタを構成する各層の誘電体材料やその組み合わせ、各層の膜厚等によって行われる。

【0035】反射フィルタ4を含む溝3の内側は、充填樹脂5によって封止されている。ここで、本実施形態における充填樹脂5は、溝3の内側を封止している内部充填樹脂部51と、溝3の上側を含む光平面導波路型回路1の上面の所定範囲を封止している上部充填樹脂部52とからなる。これらの内部充填樹脂部51及び上部充填樹脂部52は、同一の樹脂材料を用いて一体に形成されている。

【0036】充填樹脂5の上部充填樹脂部52及びサブマウント基板7の上面側には、各光導波路2nにそれぞれ対応した光検出器6n（ $n=1\sim 8$ ）を有する光検出器アレイ6が設置されている。光検出器アレイ6は、光導波路2nを伝送される信号光の一部が反射フィルタ4で反射された反射光が、それぞれ対応する光検出器6nの受光面へと入射されるように配置されている。なお、光検出器6nとしては、反射光の入射方向から、裏面入射型のフォトダイオードなどを用いることが好ましい。

【0037】以上の構成において、光導波路2nを伝送されてきた信号光が、上流側端面31を介して溝3内の内部充填樹脂部51へと出射されると、信号光の一部が光軸に対して斜めの反射フィルタ4によって、各偏波状態に対して等しくなるように偏波補償された所定の反射率で、光平面導波路型回路1の斜め上方へと反射される。また、それ以外の信号光成分は、内部充填樹脂部5

1及び反射フィルタ4を透過して、下流側端面32を介して再び光導波路2nへと入射される。

【0038】一方、反射フィルタ4によって反射された反射光は、内部充填樹脂部51、光導波路2n、及び上部充填樹脂部52を介して、光検出器6nへと入射される。そして、光検出器6nで検出された反射光の光強度から、光導波路2nを伝送されている信号光の光強度がモニタされる。

【0039】本実施形態の光導波路モジュールでは、光カプラなどの光学部品によって光導波路自体を分岐するのではなく、各光導波路2nを横切るように設けられた斜めの溝3において信号光の一部を反射させて、光強度のモニタに用いている。これにより、光強度のモニタが可能な光導波路モジュールでの光回路の構成が簡単化される。また、余分な光学部品の設置や各光導波路の融着接続等が不要となるので、その製造工程も同様に簡単化される。

【0040】また、信号光の反射を溝3の端面31、32によって行うのではなく、各直交偏波間の反射率がほぼ等しくされる偏波補償が実現された反射フィルタ4によって信号光の一部を反射している。このとき、反射フィルタ4による信号光の反射率が、光導波路2nを伝送されている信号光の偏波状態によらずほぼ一定となるので、光検出器6nで検出される反射光の光強度を用いて、信号光の偏波状態に関わらず正しく光強度をモニタすることが可能となる。

【0041】また、反射フィルタ4を含む溝3の内側を、充填樹脂5によって封止している。このとき、溝3の端面31、32や反射フィルタ4などが外気に触れることがなくなるので、それらの汚染による長期的な動作安定性の劣化が防止される。

【0042】ここで、溝3及び反射フィルタ4の垂直軸に対する傾き角度 θ は、 $0^\circ < \theta \leq 40^\circ$ の角度範囲内であることが好ましい。

【0043】図3に、信号光が伝送される光軸に対する反射面の傾きを変えたときの偏波依存損失（PDL：Polarization dependent loss）の変化を示す。このグラフに示すように、通常の反射面による反射特性は、垂直軸に対する傾き角度 θ を 0° とした場合（信号光が逆方向へと反射される場合）に、偏波依存性がなくPDL=0となる。そして、傾き角度 θ が大きくなるにしたがって反射率の偏波依存性が増大し、 θ が 40° を超えると、PDLの値が急激に増大していく。

【0044】このように θ が大きくなってPDLが増大すると、反射フィルタ4による反射率の差の偏波補償が困難となる。すなわち、傾き角度 θ が大きい構成では、PDLの値が大きく、かつ θ によって急激に変化してしまうため、反射率の差を補償するための誘電体多層膜フィルタにおいて、各層の材質の屈折率や膜厚などに要求される数値的な条件が非常に厳しくなる。このため、実

用上、反射率の差が十分に補償されるように、反射フィルタ4の誘電体多層膜フィルタを設計し作成することが難しい。これに対して、傾き角度 θ を $0^\circ < \theta \leq 40^\circ$ の角度範囲内としておけば、反射フィルタ4における反射率の差の補償を十分な精度で実現することができる。

【0045】また、充填樹脂5については、光導波路2_nのコア20と略同一の屈折率（例えば誤差1%以内）を有する樹脂材料を用いることが好ましい。

【0046】内部充填樹脂部51をコア20と略同一の屈折率を有する樹脂材料とすることによって、光導波路2_nから内部充填樹脂部51へと信号光が出射されるとき（図2中の点P1参照）の余分な反射が抑制される。また、反射フィルタ4で反射された反射光が内部充填樹脂部51から光導波路2_nへと入射されるとき（点P2参照）の余分な反射が抑制される。

【0047】また、上部充填樹脂52をコア20と略同一の屈折率を有する樹脂材料とすることによって、反射フィルタ4で反射された反射光が光導波路2_nから上部充填樹脂部52へと入射されるとき（点P3参照）の余分な反射が抑制される。

【0048】これらの光導波路2_n、内部充填樹脂部51、及び上部充填樹脂部52の各界面において余分な反射が生じた場合、それらの反射特性は、それぞれの反射角度に応じて偏波依存性を有する。したがって、これらの各部間での屈折率が整合せずに反射を生じると、反射フィルタ4で反射率の差の偏波補償を行っているにも関わらず、光検出器6_nで検出される反射光の光強度が、信号光の偏波状態に依存することとなる。これに対して、屈折率の整合を行って各界面での余分な反射を抑制することとしておけば、確実に、信号光の偏波状態に関わらない正しい光強度のモニタを実現することが可能となる。

【0049】なお、本実施形態のように、内部充填樹脂部51に加えて上部充填樹脂部52が設けられている場合には、これらの充填樹脂部51、52に対して、互いに略同一の屈折率を有する樹脂材料を用いることが好ましい。これによって、内部充填樹脂部51の界面における信号光（反射光）の余分な反射とともに、上部充填樹脂部52の界面における信号光（反射光）の余分な反射をも同様に制御することが可能となる。

【0050】さらに、充填樹脂部51、52を、同一の樹脂材料を用いて一体に形成しても良い。これによって、樹脂を充填する工程が簡単化される。なお、コア20と上部クラッド21との屈折率の差は、通常、この反射の問題については無視できる大きさである。

【0051】また、反射フィルタ4で反射された反射光が上部充填樹脂部52から光検出器6_nへと入射されるとき（点P4参照）の余分な反射が問題となる場合には、充填樹脂5と光検出器6_nとの界面に、反射防止コーティングを設けることが好ましい。これにより、光検出器6

nへと反射フィルタ4からの反射光が入射されるときに生じる余分な反射が抑制され、上記した光導波路2_n、内部充填樹脂部51、及び上部充填樹脂部52の各界面における余分な反射と同様に、確実に、信号光の偏波状態に関わらない正しい光強度のモニタを実現することが可能となる。

【0052】また、光検出器6_n及び光検出器アレイ6の構成については、各光検出器6_nの受光面が、図1に示すように、光導波路2_nの光軸方向を長軸、光導波路2_nの配列方向を短軸とする略楕円形状に形成されていることが好ましい。

【0053】図4は、反射フィルタ4によって反射された反射光による反射光スポットの形状、及び光検出器6_nの受光面形状について説明するための模式図である。光伝送路2_nを伝送されてくる信号光は、コア20の形状等から略円形の信号光スポットを有している。したがって、この信号光が斜めの反射フィルタ4で反射された反射光（図4（a）の側面図参照）は、図4（b）の平面図に点線Aで示すように、光検出器6_nの受光面において楕円形状の反射光スポットを形成する。

【0054】これに対して、光検出器6_nの受光面を、図4（b）に実線Bで示すように、この反射光スポットを含む、反射光スポットの楕円形状に沿うような略楕円形状に形成すれば、反射光の検出を十分な受光効率によって行うことができる。なお、レンズ等を用いて楕円形状の反射光を集束させて光検出器へと入射させることも可能であるが、この場合、光学部品の点数が増加するため高コストとなる。これに対して、光検出器6_nの受光面形状を反射光スポットに合わせて略楕円形状とすれば、光導波路モジュールの構成が簡単化されたとともに、低コストとすることができ。

【0055】ここで、図4（c）に実線Cで示すように円形状の受光面形状とすると、反射光の受光効率は略楕円形状の場合と変わらないが、図4中での上下方向に対応している光検出器の配列方向（図1の61～68参照）に対する受光面の幅が大きくなる。このため、光検出器アレイにおいて、光検出器を小さい配列ピッチで高密度に集積させることができず、光回路が大面积化し、また高コストとなる。

【0056】これに対して、略楕円形状の受光面形状とすれば、光検出器の配列ピッチを極力小さくして、効率的に光回路を構成することができる。

【0057】また、図4（d）に実線Dで示すように長方形の受光面形状とすると、略楕円形状の場合と同様の配列ピッチでの光検出器の集積が可能である。しかしながら、この構成では、受光面の対角線方向に反射光の受光に用いられない不必要な受光面部分を生じる。このような受光面部分は、光検出信号に対するノイズの発生源となるので、S/N比の劣化や、有効なダイナミックレンジが小さくなるなど、反射光検出の効率が低下する

原因となる。このような問題は、上記した円形状の受光面形状の場合も同様である。

【0058】これに対して、略楕円形状の受光面形状とすれば、不必要な受光面部分からのノイズ等の発生を低減することができ、光強度のモニタの効率を向上させることができる。ただし、個々の光導波路モジュールにおいて要求される配列ピッチや検出効率等に応じて、円形状や長方形形状の受光面形状を用いても良い。

【0059】上記した実施形態による光導波路モジュールの具体的な実施例について説明する。

【0060】まず、第1の実施例について説明する。この実施例では、 $\theta = 30^\circ$ の傾き角度、及び光軸方向に対する幅 $w = 25 \mu\text{m}$ で溝3を形成した。また、溝3の内側に挿入する反射フィルタ4としては、信号光の反射率10%で厚さ $11 \mu\text{m}$ の偏波補償フィルタを用いた。また、充填樹脂5としては、内部充填樹脂部51及び上部充填樹脂部52に同一の樹脂材料を用いた。用いた樹脂材料である屈折率整合接着剤の屈折率は、波長 $1.51 \mu\text{m} \sim 1.61 \mu\text{m}$ の帯域において $n = 1.47$ であった。また、光検出器6_nとしては、長軸方向の直径が0.3mm、短軸方向の直径が0.15mmの楕円形状の受光面を有するInGaAs-PIN型フォトダイオードを用いた。このフォトダイオードの単体での受光感度は、 1.1 A/W であった。

【0061】以上の構成からなる光導波路モジュールを用いて、信号光の光強度のモニタを行ったところ、反射フィルタ4での反射率の偏波依存性は、S偏波10%、P偏波10.3%で、偏波依存損失PDLにして0.1dBと十分に小さく、信号光の偏波状態への依存性が十分に低減された状態で光強度のモニタが可能となることが確認された。

【0062】また、入射される信号光に対する受光感度は、およそ 0.1 A/W であった。これは、10%の反射率で反射フィルタ4によって反射された信号光成分の光強度が、100%近い効率で光検出器6_nによって検出されていることを示している。また、溝3及び反射フィルタ4の光導波路2_nへの挿入損失は、反射フィルタ4による信号光の反射、及び溝3の内側での信号光の回折等による損失を合わせて、およそ1.0dBであった。

【0063】次に、第2の実施例について説明する。この実施例では、 $\theta = 10^\circ$ の傾き角度、及び光軸方向に対する幅 $w = 25 \mu\text{m}$ で溝3を形成した。また、溝3の内側に挿入する反射フィルタ4としては、信号光の反射率10%で厚さ $11 \mu\text{m}$ の偏波補償フィルタを用いた。また、充填樹脂5としては、内部充填樹脂部51及び上部充填樹脂部52に同一の樹脂材料を用いた。用いた樹脂材料である屈折率整合接着剤の屈折率は、波長 $1.51 \mu\text{m} \sim 1.61 \mu\text{m}$ の帯域において $n = 1.47$ であった。また、光検出器6_nとしては、長軸方向の直径が

0.3mm、短軸方向の直径が0.15mmの楕円形状の受光面を有するフォトダイオードを用いた。このフォトダイオードの単体での受光感度は、 1.1 A/W であった。

【0064】また、本実施例においては、光検出器6_nに反射光が入射されるときに生じる余分な反射を防止するため、上部充填樹脂52と光検出器6_nとの界面に反射防止コート設けた。

【0065】以上の構成からなる光導波路モジュールを用いて、信号光の光強度のモニタを行ったところ、反射フィルタ4での反射率の偏波依存性は、S偏波9.7%、P偏波10%で、偏波依存損失PDLにして0.1dBと十分に小さく、信号光の偏波状態への依存性が十分に低減された状態で光強度のモニタが可能となることが確認された。

【0066】また、入射される信号光に対する受光感度は、およそ 0.1 A/W であった。これは、10%の反射率で反射フィルタ4によって反射された信号光成分の光強度が、100%近い効率で光検出器6_nによって検出されていることを示している。また、溝3及び反射フィルタ4の光導波路2_nへの挿入損失は、反射フィルタ4による信号光の反射、及び溝3の内側での信号光の回折等による損失を合わせて、およそ1.0dBであった。

【0067】以上の第1、第2の実施例から、上記した構成を有する光導波路モジュールによって、信号光の偏波状態に関わらず正しく光強度をモニタすることが可能な光導波路モジュールが実現されていることがわかる。

【0068】本発明による光導波路モジュールの実施形態について、さらに説明する。

【0069】図5は、光導波路モジュールの第2実施形態の構成を示す平面図である。この光導波路モジュールは、第1実施形態と同様に、基板10、及び基板10上に形成された平面導波路型の8本（8チャンネル）の光導波路2₁～2₈を有して構成される光平面導波路型回路1を備えている。

【0070】光導波路2₁～2₈のそれぞれは、所定の光伝送方向（図5中の矢印の方向）に沿って、光平面導波路型回路1の入力端11から出力端12に向かって、互いに平行かつ等間隔に形成されている。また、光平面導波路型回路1の光伝送方向に対する所定部位に、光導波路2₁～2₈を横切る溝3が設けられている。

【0071】この溝3は、その内側に各光導波路2₁～2₈を伝送される信号光の一部を反射するための反射フィルタ4が設置されるとともに、充填樹脂5によって封止されている。また、溝3よりも上流側の位置で光平面導波路型回路1の上方には、光導波路2₁～2₈にそれぞれ対応した8個の光検出器6₁～6₈を有する光検出器アレイ60が設置されている。なお、図5においては、光検出器6₁～6₈について、それぞれの受光面

の形状を点線で図示している。

【0072】図6は、図5に示した光導波路モジュールの断面構造を、光導波路 2_n ($n=1\sim 8$)の光軸方向に沿って示す断面図である。なお、この図6においては、溝3、反射フィルタ4、及び光検出器アレイ60を含む部分を拡大して示してある。また、図6に示した構成のうち、下部クラッド22、コア20、上部クラッド21からなる光導波路 2_n を含む光平面導波路型回路1、溝3、及び反射フィルタ4については、図2に示した構成と同様である。

【0073】反射フィルタ4を含む溝3の内側は、充填樹脂5によって封止されている。ここで、本実施形態における充填樹脂5は、溝3の内側を封止している内部充填樹脂部51のみからなる。

【0074】光平面導波路型回路1の上部クラッド21の上面側には、各光導波路 2_n にそれぞれ対応した光検出器61 $_n$ ($n=1\sim 8$)を有する光検出器アレイ60が設置されている。光検出器アレイ60は、光導波路 2_n を伝送される信号光の一部が反射フィルタ4で反射された反射光が、それぞれ対応する光検出器61 $_n$ の受光面へと入射されるように配置されている。なお、光検出器61 $_n$ としては、反射光の入射方向から、裏面入射型のフォトダイオードなどを用いることが好ましい。また、光検出器61 $_n$ と、光導波路 2_n の上部クラッド21との界面に反射防止コートを設けても良い。

【0075】以上の構成において、光導波路 2_n を伝送されてきた信号光が、上流側端面31を介して溝3内の内部充填樹脂部51へと出射されると、信号光の一部が光軸に対して斜めの反射フィルタ4によって、各偏波状態に対して等しくなるように偏波補償された所定の反射率で、光平面導波路型回路1の斜め上方へと反射される。また、それ以外の信号光成分は、内部充填樹脂部51及び反射フィルタ4を透過して、下流側端面32を介して再び光導波路 2_n へと入射される。

【0076】一方、反射フィルタ4によって反射された反射光は、内部充填樹脂部51、及び光導波路 2_n を介して、光検出器61 $_n$ へと入射される。そして、光検出器61 $_n$ で検出された反射光の光強度から、光導波路 2_n を伝送されている信号光の光強度がモニタされる。

【0077】本実施形態の光導波路モジュールでは、第1実施形態と同様に、各光導波路 2_n を横切るように設けられた斜めの溝3において信号光の一部を反射させて、光強度のモニタに用いている。これにより、光強度のモニタが可能な光導波路モジュールでの光回路の構成が簡単化される。また、余分な光学部品の設置や各光導波路の融着接続等が不要となるので、その製造工程も同様に簡単化される。

【0078】また、各直交偏波間の反射率がほぼ等しくされる偏波補償が実現された反射フィルタ4によって信号光の一部を反射しているため、光検出器61 $_n$ で検出

される反射光の光強度を用いて、信号光の偏波状態に関わらず正しく光強度をモニタすることが可能となる。また、反射フィルタ4を含む溝3の内側を、充填樹脂5によって封止しているため、溝3の端面31、32や反射フィルタ4などが外気に触れることがなくなり、それらの汚染による長期的な動作安定性の劣化が防止される。

【0079】ここで、上述した第1、第2実施形態のように、光平面導波路型回路1がN本(Nは複数、上記実施形態ではN=8)の光導波路を有し、それぞれの光導波路を伝送されるNチャンネルの信号光の光強度をモニタする場合には、各光導波路に対応するようにN個の光検出器が設置される。そして、反射フィルタによって反射されたNチャンネルの信号光が、それぞれ所定の反射光路を伝搬して対応する光検出器で検出されることによって、それぞれの信号光の光強度がモニタされる。

【0080】このとき、反射フィルタで反射された光導波路からの信号光が、対応する光検出器で検出される一方で、デバイスの各所で生じる光の散乱、反射、伝送される光の広がりなどにより、その一部が隣接する他チャンネルの光検出器に入射して検出されてしまうクロストークが問題となる。このように隣接するチャンネル間でクロストークが発生すると、それぞれのチャンネルでの信号光の光強度を正確にモニタすることができなくなる。

【0081】このようなチャンネル間のクロストークが発生する原因は、いくつか考えられる。例えば、図2または図6に示した構成では、光平面導波路型回路1の各部と充填樹脂5との界面での乱反射や、上部クラッド21の上面等での欠陥による散乱、基板10と下部クラッド22との界面での乱反射などによる反射光や散乱光がクロストーク発生の原因として考えられる。

【0082】また、光導波路を伝送される信号光は、主にコア内を伝搬するが、信号光の一部はコア近傍の上部、下部クラッド内にも広がって伝搬する。このとき、信号光のクラッドへの広がりが大きすぎると、反射フィルタから光検出器への反射光路が過度に広がったり、光導波路内等で不要な散乱光が発生するなど、クロストーク発生の原因となる。

【0083】このような信号光のクラッドへの広がりは、例えば、光平面導波路型回路の入力端に接続される信号光入力用の光ファイバの、光導波路に対するミスマッチメントなどによっても生じる。すなわち、光導波路のコアからずれた位置に光ファイバが接続されると、入力された信号光が導波構造を持たないクラッド内等を伝搬する。

【0084】このようなチャンネル間のクロストークの問題に対して、サブマウント基板等を設けずに光検出器アレイ60を光平面導波路型回路1の上面側に直接設置した第2実施形態では、図6に示したように、反射フィルタ4から光検出器61 $_n$ への反射光路が短くなり、反

射光の広がりを低減できる。また、充填樹脂5や光導波路2_nの内部または界面での乱反射や散乱の影響が低減される。したがって、チャンネル間のクロストークの発生が抑制される。

【0085】また、第1、第2実施形態のいずれにおいても、光導波路2_nを伝送される信号光に対して、コア20内への信号光の光閉じ込め効果を大きくすることが、クロストーク発生を防止する上で好ましい。具体的には、コア20とクラッド21、22との屈折率差 Δn を大きくすることが好ましい。これにより、コア20内を伝搬される信号光のクラッド21、22への広がりを小さくすることができる。また、光ファイバのミスアラインメントなどによってクラッドにしみ出した信号光成分についても、コアの屈折率が高いために、光をコア内部に閉じ込める効果を期待できる。

【0086】例として、図6に示した構成において、コア20とクラッド21、22との屈折率差 $\Delta n=0.3\%$ 、コアサイズ $8.5\mu\text{m}$ の光導波路に対して、コアから $2\mu\text{m}$ オフセットした位置にミスアラインメントされた状態で光ファイバを接続したところ、クロストークは -22dB まで劣化した。これに対して、屈折率差 Δn を 0.3% から 0.45% に大きくしたところ、 -25dB のレベルまでクロストークが改善された。

【0087】ここで、このようにコア、クラッド間の屈折率差 Δn を大きくする場合の光平面導波路型回路の製造方法について説明しておく。コア及び上部クラッド（オーバークラッド）は、例えば、それぞれ所定の添加物が添加された SiO_2 （石英）ガラス微粉末を火炎堆積法（FHD法：Flame Hydrolysis Deposition Method）によって堆積、焼結させて形成される。

【0088】具体的には、例えば、コアをGe添加 SiO_2 ガラス、上部クラッドをB/P添加 SiO_2 ガラスとする。Ge、B、P、及び SiO_2 は、それぞれ GeCl_4 、 BCl_3 、 POCl_3 、及び SiCl_4 を酸水素パーナ中で加水分解することによってスス状微粉末が得られる。そして、コアへのGeの添加量、上部クラッドへのB、Pの添加量を調整することによって、屈折率差 Δn が調整される。

【0089】例えば、コアに対するGeの添加量は、典型的には、 $\Delta n=0.3\%$ のときにGe濃度 $=3.2\text{wt}\%$ 、 $\Delta n=0.45\%$ のときにGe濃度 $=4.6\text{wt}\%$ 程度となる。また、上部クラッドに対するB、Pの添加量は、そのスス付け条件などによって決まるが、屈折率を増加させるPの添加量と、屈折率を低下させるBの添加量をバランスし、ちょうど純 SiO_2 ガラスと同等の屈折率となるように調整する。以上の方法により、コアと上部クラッドとの屈折率差 Δn が 0.3% 、 0.45% の光導波路が得られる。

【0090】上述したチャンネル間のクロストークの問題に対しては、コアへの光閉じ込め効果を大きくするこ

と以外にも、光路間に光路隔離手段を設けることも効果的である。すなわち、隣接する反射光路間に光路隔離手段を設けることにより、隣接するチャンネル間でのクロストークの発生を極力防止することができる。これにより、それぞれの光導波路を伝送されるNチャンネルの信号光について、それぞれのチャンネルでの信号光の光強度をより正確にモニタすることが可能となる。

【0091】図7は、光導波路モジュールの第3実施形態の構成を示す平面図である。この光導波路モジュールは、第1実施形態と同様に、基板10、及び基板10上に形成された平面導波路型の8本（8チャンネル）の光導波路2₁～2₈を有して構成される光平面導波路型回路1を備えている。

【0092】光導波路2₁～2₈のそれぞれは、所定の光伝送方向（図7中の矢印の方向）に沿って、光平面導波路型回路1の入力端11から出力端12に向かって、互いに平行かつ等間隔に形成されている。また、光平面導波路型回路1の光伝送方向に対する所定部位に、光導波路2₁～2₈を横切る溝3が設けられている。

【0093】この溝3は、その内側に各光導波路2₁～2₈を伝送される信号光の一部を反射するための反射フィルタ4が設置されるとともに、充填樹脂5によって封止されている。また、溝3よりも上流側の位置で光平面導波路型回路1の上方には、光導波路2₁～2₈にそれぞれ対応した8個の光検出器6₃₁～6₃₈を有する光検出器アレイ62が設置されている。

【0094】なお、図7においては、光検出器アレイ62を除いた状態で光平面導波路型回路1等を示すとともに、各部の光検出器アレイ62との位置関係を示すため、光検出器アレイ62及び光検出器6₃₁～6₃₈を一点鎖線で図示している。

【0095】本実施形態においては、8チャンネルの光導波路2₁～2₈それぞれを伝送される信号光の一部が、反射フィルタ4によって対応する光検出器6₃₁～6₃₈へと反射される8個の反射光路に対して、8個の反射光路それぞれの間となる光平面導波路型回路1内に、反射光路同士を隔離するための光路隔離手段が設けられている。この光路隔離手段は、隣接するチャンネル間でのクロストークの発生を抑制するためのものである。

【0096】具体的には、本実施形態では、光平面導波路型回路1内において、反射光路から隣接する反射光路へと通過する光を遮蔽するように、8本の光導波路2₁～2₈それぞれの間に光遮蔽層25が設けられている。

【0097】すなわち、光導波路2₁と2₂との間、光導波路2₂と2₃との間、光導波路2₃と2₄との間、光導波路2₄と2₅との間、光導波路2₅と2₆との間、光導波路2₆と2₇との間、及び光導波路2₇と2₈との間に、それぞれ、光遮蔽層25₁、25₂、25₃、25₄、25₅、25₆、及び25₇が設けられている。

【0098】なお、この第3実施形態における光導波路

モジュールの構成は、光平面導波路型回路1に設けられた上記の光遮蔽層25₁～25₇を除けば、図5及び図6に示した第2実施形態と同様である。

【0099】図8は、図7に示した光導波路モジュールの断面構造を、光導波路2_n (n=1～8)の光軸に垂直な方向に沿って示すI-I矢印断面図である。なお、この図8においては、光導波路2₃～2₅、光遮蔽層25₂～25₅、及び光検出器63₃～63₅を含む部分を拡大するとともに、光検出器63₃～63₅のそれぞれの中心位置を通る断面を示してある(図6に点線で示した断面位置Bを参照)。

【0100】光平面導波路型回路1は、図8に示すように、基板10上に形成された下部クラッド22と、下部クラッド22上に互いに平行かつ等間隔に形成された光導波路2₁～2₈に対応する8本のコア20と、8本のコア20(光導波路2₁～2₈)の全体を覆うように形成された上部クラッド21とからなる。また、上部クラッド21の上方には、光検出器63₁～63₈を含む光検出器アレイ62が設置されている。

【0101】そして、本実施形態においては、光導波路2₁～2₈の間に位置する上部クラッド21がそれぞれ所定の幅×1で除去されるとともに、上部クラッド21が除去された部位に、光を遮蔽する光遮蔽層25₁～25₇が設けられている。これらの光遮蔽層25₁～25₇は、図7に示すように、溝3を跨いで所定の長さ11の範囲にわたって形成されている。

【0102】以上の構成において、光導波路2₄を伝送される第4チャンネルの信号光について着目すれば、光導波路2₄を伝送されてきた信号光が、上流側端面31を介して溝3内の内部充填樹脂部51へと出射されると(図6参照)、信号光の一部が光軸に対して斜めの反射フィルタ4によって、各偏波状態に対して等しくなるように偏波補償された所定の反射率で、光平面導波路型回路1の斜め上方へと反射される。また、それ以外の信号光成分は、内部充填樹脂部51及び反射フィルタ4を透過して、下流側端面32を介して再び光導波路2₄へと入射される。

【0103】一方、反射フィルタ4によって反射された反射光は、内部充填樹脂部51、及び光導波路2₄を介して、光検出器63₄へと入射される。そして、光検出器63₄で検出された反射光の光強度から、光導波路2₄を伝送されている第4チャンネルの信号光の光強度がモニタされる。

【0104】また、光導波路2₄からみて光導波路2₃及び光検出器63₃側の上部クラッド21内には、光遮蔽層25₃が設けられている。この光遮蔽層25₃により、光導波路2₄を伝送されている信号光のうち、光の散乱、反射、伝送される光の広がりなどによって隣接する光検出器63₃へと伝搬される光が遮蔽され、第3、第4チャンネル間でのクロストークの発生が防止される。

【0105】また、光導波路2₄からみて光導波路2₅及び光検出器63₅側の上部クラッド21内には、光遮蔽層25₄が設けられている。この光遮蔽層25₄により、光導波路2₄を伝送されている信号光のうち、光の散乱、反射、伝送される光の広がりなどによって隣接する光検出器63₅へと伝搬される光が遮蔽され、第4、第5チャンネル間でのクロストークの発生が防止される。

【0106】本実施形態においては、反射フィルタ4から光検出器63₁～63₈への反射光路に対して、光平面導波路型回路1内に、反射光路同士を隔離する光路隔離手段として光遮蔽層25₁～25₇を設けている。これにより、上述のように、隣接するチャンネル間でのクロストークの発生を確実に防止することができる。

【0107】光平面導波路型回路1内に設けられる光遮蔽層25₁～25₇としては、信号光波長の光を吸収、反射、あるいは散乱等することによって光を遮蔽する効果を有する光遮蔽材料を用いることが好ましい。具体的には、例えば、Ge(ゲルマニウム)などの光吸収効果を有する添加物を高濃度に添加したガラスなどを光遮蔽材料として用いることができる。

【0108】また、光遮蔽層25₁～25₇の形成方法としては、例えば、図7及び図8に示すように、8本の光導波路2₁～2₈それぞれの間に溝3を跨いで、それぞれ幅×1、長さ11の7本の溝を光導波路と略平行に形成し、その溝の内側を光遮蔽材料で充填する方法がある。また、光遮蔽層25₁～25₇それぞれの幅×1、長さ11については、反射フィルタ4から光検出器63_nへの反射光路を過度に狭くすることなく、かつ、隣接するチャンネル間での光の遮蔽効果が十分に確保されるように設定することが好ましい。あるいは、光平面導波路型回路1の入力端11から出力端12までの全体に光遮蔽層を設ける構成としても良い。

【0109】例として、クロストークが-22dBまで劣化した状態に対して、上述のように光平面導波路型回路の上部クラッド内に光遮蔽層を設けることによって、<-30dBのレベルまでクロストークが改善された。また、光遮蔽層の内部に物質を充填しない場合でも、散乱光の導波がある程度抑制されるため、クロストークの改善効果が得られ、例えば-22dBが-28dBまで改善される。

【0110】図9は、光導波路モジュールの第4実施形態の構成を示す平面図である。この光導波路モジュールは、第1実施形態と同様に、基板10、及び基板10上に形成された平面導波路型の8本(8チャンネル)の光導波路2₁～2₈を有して構成される光平面導波路型回路1を備えている。

【0111】光導波路2₁～2₈のそれぞれは、所定の光伝送方向(図9中の矢印の方向)に沿って、光平面導波路型回路1の入力端11から出力端12に向かって、互いに平行かつ等間隔に形成されている。また、光平面導

波路型回路1の光伝送方向に対する所定部位に、光導波路2₁~2₈を横切る溝3が設けられている。

【0112】この溝3は、その内側に各光導波路2₁~2₈を伝送される信号光の一部を反射するための反射フィルタ4が設置されるとともに、充填樹脂5によって封止されている。また、溝3よりも上流側の位置で光平面導波路型回路1の上方には、サブマウント基板70が設置されるとともに、充填樹脂5及びサブマウント基板70の上方には、光導波路2₁~2₈にそれぞれ対応した8個の光検出器6₅₁~6₅₈を有する光検出器アレイ64が設置されている。

【0113】なお、図9においては、光検出器アレイ64を除いた状態で光平面導波路型回路1及びサブマウント基板70等を示すとともに、各部の光検出器アレイ64との位置関係を示すため、光検出器アレイ64及び光検出器6₅₁~6₅₈を一点鎖線で図示している。また、サブマウント基板70は、光検出器アレイ64を載置するための載置部材（マウント部材）であるとともに、その上面に、図9中に模式的に示されているように、光検出器6₅₁~6₅₈からの光検出信号を読み出すための配線や電極等が形成されている。

【0114】本実施形態においては、8チャンネルの光導波路2₁~2₈それぞれを伝送される信号光の一部が、反射フィルタ4によって対応する光検出器6₅₁~6₅₈へと反射される8個の反射光路に対して、8個の反射光路それぞれの間となる充填樹脂5内に、反射光路同士を隔離するための光路隔離手段が設けられている。この光路隔離手段は、隣接するチャンネル間でのクロストークの発生を抑制するためのものである。

【0115】具体的には、本実施形態では、充填樹脂5が溝3の内側に加えて、溝の上側を含む光平面導波路型回路1の上面の所定範囲を封止するように充填されている。そして、光平面導波路型回路1の上面を封止する上部充填樹脂部に対して、その上流側に位置するサブマウント基板70に、上部充填樹脂部内に櫛状に突出するように光遮蔽部7₁₁~7₁₇が設けられている。

【0116】すなわち、光平面導波路型回路1内にある光導波路2₁~2₈との対応でみると、光導波路2₁と2₂との間、光導波路2₂と2₃との間、光導波路2₃と2₄との間、光導波路2₄と2₅との間、光導波路2₅と2₆との間、光導波路2₆と2₇との間、及び光導波路2₇と2₈との間に、それぞれ、光遮蔽部7₁₁、7₁₂、7₁₃、7₁₄、7₁₅、7₁₆、及び7₁₇が設けられている。

【0117】なお、この第4実施形態における光導波路モジュールの構成は、サブマウント基板70に設けられた上記の光遮蔽部7₁₁~7₁₇を除けば、図1及び図2に示した第1実施形態と同様である。

【0118】図10は、図9に示した光導波路モジュールの断面構造を、光導波路2_n（n=1~8）の光軸に垂直な方向に沿って示すII-II矢印断面図である。な

お、この図10においては、光導波路2₃~2₅、光遮蔽部7₁₂~7₁₆、及び光検出器6₅₃~6₅₅を含む部分を拡大するとともに、光検出器6₅₃~6₅₅のそれぞれの中心位置を通る断面を示してある（図2に点線で示した断面位置Aを参照）。

【0119】光平面導波路型回路1は、図10に示するように、基板10上に形成された下部クラッド22と、下部クラッド22上に互いに平行かつ等間隔に形成された光導波路2₁~2₈に対応する8本のコア20と、8本のコア20（光導波路2₁~2₈）の全体を覆うように形成された上部クラッド21とからなる。

【0120】上部クラッド21の上面側には、充填樹脂5のうちで光平面導波路型回路1の上面の所定範囲を封止している部分である上部充填樹脂部52が設けられている（図2参照）。この上部充填樹脂部52は、サブマウント基板70と略同一の高さとなっている。また、上部充填樹脂部52及びサブマウント基板70の上方には、光検出器6₅₁~6₅₈を含む光検出器アレイ64が設置されている。ただし、光検出器アレイ64のうち光検出器6₅₁~6₅₈の下方部分は、反射フィルタ4からの光が通過可能な上部充填樹脂部52となっている。

【0121】そして、本実施形態においては、光導波路2₁~2₈の間（光検出器6₅₁~6₅₈の間）に相当する位置の上部充填樹脂部52に対して、サブマウント基板70の上部充填樹脂部52に接する端面に、それぞれ所定の幅×2で形成された櫛状の光遮蔽部7₁₁~7₁₇が設けられている。光遮蔽部7₁₁~7₁₇は、サブマウント基板70の下流側にある上部充填樹脂部52内にそれぞれ突出する構造となっている。また、これらの光遮蔽部7₁₁~7₁₇は、図9に示すように、所定の長さ12の範囲にわたって形成されている。

【0122】以上の構成において、光導波路2₄を伝送される第4チャンネルの信号光について着目すれば、光導波路2₄を伝送されてきた信号光が、上流側端面31を介して溝3内の内部充填樹脂部51へと出射されると（図2参照）、信号光の一部が光軸に対して斜めの反射フィルタ4によって、各偏波状態に対して等しくなるように偏波補償された所定の反射率で、光平面導波路型回路1の斜め上方へと反射される。また、それ以外の信号光成分は、内部充填樹脂部51及び反射フィルタ4を透過して、下流側端面32を介して再び光導波路2₄へと入射される。

【0123】一方、反射フィルタ4によって反射された反射光は、内部充填樹脂部51、光導波路2₄、及び上部充填樹脂部52を介して、光検出器6₅₄へと入射される。そして、光検出器6₅₄で検出された反射光の光強度から、光導波路2₄を伝送されている第4チャンネルの信号光の光強度がモニタされる。

【0124】また、光導波路2₄からみて光導波路2₃及び光検出器6₅₃側の上部充填樹脂部52内には、光遮

蔽部713が設けられている。この光遮蔽部713により、光導波路24を伝送されている信号光のうち、光の散乱、反射、伝送される光の広がりなどによって隣接する光検出器653へと伝搬される光が遮蔽され、第3、第4チャンネル間でのクロストークの発生が防止される。

【0125】また、光導波路24からみて光導波路25及び光検出器655側の上部充填樹脂部52内には、光遮蔽部714が設けられている。この光遮蔽部714により、光導波路24を伝送されている信号光のうち、光の散乱、反射、伝送される光の広がりなどによって隣接する光検出器655へと伝搬される光が遮蔽され、第4、第5チャンネル間でのクロストークの発生が防止される。

【0126】本実施形態においては、反射フィルタ4から光検出器651〜658への反射光路に対して、充填樹脂5の上部充填樹脂部52内に、反射光路同士を隔離する光路隔離手段として光遮蔽部711〜717を設けている。これにより、上述のように、隣接するチャンネル間でのクロストークの発生を確実に防止することができる。

【0127】充填樹脂5内に突出するようにサブマウント基板70に設けられる光遮蔽部711〜717としては、信号光波長の光を吸収、反射、あるいは散乱することによって光を遮蔽する効果を有する光遮蔽材料を用いることが好ましい。具体的には、例えばアルミナなどを光遮蔽材料として用いることができる。

【0128】光遮蔽部711〜717を上記のようにサブマウント基板70と一体に形成する場合には、例えば、サブマウント基板70自体を光遮蔽材料で形成する。また、光遮蔽部711〜717それぞれの幅×2、長さ12については、反射フィルタ4から光検出器65nへの反射光路を過度に狭くすることなく、かつ、隣接するチャンネル間での光の遮蔽効果が十分に確保されるように設定することが好ましい。

【0129】例として、クロストークが−22dBまで劣化した状態に対して、上述のように充填樹脂の上部充填樹脂部内に光遮蔽部を設けることによって、−23dBのレベルまでクロストークが改善された。

【0130】図11は、光導波路モジュールの第5実施形態の構成を示す平面図である。この光導波路モジュールは、第1実施形態と同様に、基板10、及び基板10上に形成された平面導波路型の8本（8チャンネル）の光導波路21〜28を有して構成される光平面導波路型回路1を備えている。

【0131】光導波路21〜28のそれぞれは、所定の光伝送方向（図11中の矢印の方向）に沿って、光平面導波路型回路1の入力端11から出力端12に向かって、互いに平行かつ等間隔に形成されている。また、光平面導波路型回路1の光伝送方向に対する所定部位に、光導

波路21〜28を横切る溝3が設けられている。

【0132】この溝3は、その内側に各光導波路21〜28を伝送される信号光の一部を反射するための反射フィルタ4が設置されるとともに、充填樹脂5によって封止されている。また、溝3よりも上流側の位置で光平面導波路型回路1の上方には、サブマウント基板72が設置されるとともに、充填樹脂5及びサブマウント基板72の上方には、光導波路21〜28にそれぞれ対応した8個の光検出器671〜678を有する光検出器アレイ66が設置されている。

【0133】なお、図11においては、光検出器アレイ66を除いた状態で光平面導波路型回路1及びサブマウント基板72等を示すとともに、各部の光検出器アレイ66との位置関係を示すため、光検出器アレイ66及び光検出器671〜678を一点鎖線で図示している。また、サブマウント基板72は、光検出器アレイ66を載置するための載置部材（マウント部材）であるとともに、その上面に、図11中に模式的に示されているように、光検出器671〜678からの光検出信号を読み出すための配線や電極等が形成されている。

【0134】本実施形態においては、8チャンネルの光導波路21〜28それぞれを伝送される信号光の一部が、反射フィルタ4によって対応する光検出器671〜678へと反射される8個の反射光路に対して、8個の反射光路それぞれの間となる光平面導波路型回路1内に、反射光路同士を隔離するための光路隔離手段が設けられている。この光路隔離手段は、隣接するチャンネル間でのクロストークの発生を抑制するためのものである。

【0135】具体的には、本実施形態では、光平面導波路型回路1内において、反射光路から隣接する反射光路へと通過する光を遮蔽するように、8本の光導波路21〜28それぞれの間に光遮蔽層26が設けられている。

【0136】すなわち、光導波路21と22との間、光導波路22と23との間、光導波路23と24との間、光導波路24と25との間、光導波路25と26との間、光導波路26と27との間、及び光導波路27と28との間に、それぞれ、光遮蔽層261、262、263、264、265、266、及び267が設けられている。

【0137】なお、この第5実施形態における光導波路モジュールの構成は、光平面導波路型回路1に設けられた上記の光遮蔽層261〜267を除けば、図1及び図2に示した第1実施形態と同様である。

【0138】図12は、図11に示した光導波路モジュールの断面構造を、光導波路2n（n=1〜8）の光軸に垂直な方向に沿って示すIII-III矢印断面図である。なお、この図12においては、光導波路23〜25、光遮蔽層262〜265、及び光検出器673〜675を含む部分を拡大するとともに、光検出器673〜675のそれぞれの中心位置を通る断面を示してある（図2に点線で示した断面位置Aを参照）。

【0139】光平面導波路型回路1は、図12に示すように、基板10上に形成された下部クラッド22と、下部クラッド22上に互いに平行かつ等間隔に形成された光導波路21~28に対応する8本のコア20と、8本のコア20（光導波路21~28）の全体を覆うように形成された上部クラッド21とからなる。

【0140】上部クラッド21の上面側には、充填樹脂5のうちで光平面導波路型回路1の上面の所定範囲を封止している部分である上部充填樹脂部52が設けられている（図2参照）。この上部充填樹脂部52は、サブマウント基板72と略同一の高さとなっている。また、上部充填樹脂部52及びサブマウント基板72の上方には、光検出器671~678を含む光検出器アレイ66が設置されている。ただし、光検出器アレイ66のうち光検出器671~678の下方部分は、反射フィルタ4からの光が通過可能な上部充填樹脂部52となっている。

【0141】そして、本実施形態においては、光導波路21~28の間に位置する上部クラッド21がそれぞれ所定の幅×3で除去されるとともに、上部クラッド21が除去された部位に、光を遮蔽する光遮蔽層261~267が設けられている。これらの光遮蔽層261~267は、図11に示すように、溝3を跨いで所定の長さ13の範囲にわたって形成されている。

【0142】以上の構成において、光導波路24を伝送される第4チャンネルの信号光について着目すれば、光導波路24を伝送されてきた信号光が、上流側端面31を介して溝3内の内部充填樹脂部51へと出射されると（図2参照）、信号光の一部が光軸に対して斜めの反射フィルタ4によって、各偏波状態に対して等しくなるように偏波補償された所定の反射率で、光平面導波路型回路1の斜め上方へと反射される。また、それ以外の信号光成分は、内部充填樹脂部51及び反射フィルタ4を透過して、下流側端面32を介して再び光導波路24へと入射される。

【0143】一方、反射フィルタ4によって反射された反射光は、内部充填樹脂部51、光導波路24、及び上部充填樹脂部52を介して、光検出器674へと入射される。そして、光検出器674で検出された反射光の光強度から、光導波路24を伝送されている第4チャンネルの信号光の光強度がモニタされる。

【0144】また、光導波路24からみて光導波路23及び光検出器673側の上部クラッド21内には、光遮蔽層263が設けられている。この光遮蔽層263により、光導波路24を伝送されている信号光のうち、光の散乱、反射、伝送される光の広がりなどによって隣接する光検出器673へと伝搬される光が遮蔽され、第3、第4チャンネル間でのクロストークの発生が防止される。

【0145】また、光導波路24からみて光導波路25及び光検出器675側の上部クラッド21内には、光遮蔽層264が設けられている。この光遮蔽層264により、

光導波路24を伝送されている信号光のうち、光の散乱、反射、伝送される光の広がりなどによって隣接する光検出器675へと伝搬される光が遮蔽され、第4、第5チャンネル間でのクロストークの発生が防止される。

【0146】本実施形態においては、図7及び図8に示した第3実施形態における光遮蔽層251~257と同様に、反射フィルタ4から光検出器671~678への反射光路に対して、光平面導波路型回路1内に、反射光路同士を隔離する光路隔離手段として光遮蔽層261~267を設けている。これにより、上述のように、隣接するチャンネル間でのクロストークの発生を確実に防止することができる。

【0147】また、このように光導波路21~28の上部クラッド21と、光検出器アレイ66との間に樹脂を充填して、上部充填樹脂部52を設けた構成によれば、上部クラッド21の表面に凹凸などがあっても、それによる光の乱反射や散乱が抑制される。

【0148】例として、クロストークが-20dBまで劣化した状態に対して、上述のように光平面導波路型回路の上部クラッド内に光遮蔽層を設けることによって、<-28dBのレベルまでクロストークが改善された。

【0149】本発明による光導波路モジュールは、上記した実施形態及び実施例に限られるものではなく、様々な変形が可能である。例えば、反射フィルタ4における反射率の差の偏波補償については、反射フィルタ4自体での反射率の差を補償するものであるが、光導波路2n、充填樹脂5、及び光検出器6nの界面での反射などによる偏波依存性の発生があらかじめわかっている場合には、それらをも補償する反射率によって反射フィルタ4を構成しても良い。

【0150】また、隣接するチャンネル間でのクロストークの発生を防止するための光路隔離手段については、上述した構成に限らず、様々な構成のものを用いて良い。例えば、充填樹脂内に光遮蔽部材を設ける場合には、サブマウント基板とは別の部材としても良く、また、内部充填樹脂部内に光遮蔽部材を設けても良い。あるいは、上部クラッド内に設けられる光遮蔽部材、及び充填樹脂内に設けられる光遮蔽部材等を併用して、さらにクロストークを改善する構成としても良い。

【0151】

【発明の効果】本発明による光導波路モジュールは、以上詳細に説明したように、次のような効果を得る。すなわち、光導波路を横切るように斜めの溝を形成するとともに、溝の内側に設置された反射フィルタによって信号光の一部を反射して、光強度のモニタに用いる構成の光導波路モジュールによれば、光回路の構成及び製造工程が簡単化される。また、各直交偏波間の反射率が等しくされる偏波補償が実現された反射フィルタを用いることによって、信号光の偏波状態に関わらず正しく光強度をモニタすることが可能となる。また、反射フィルタを含

む溝の内側を、充填樹脂によって封止しているの、それらが汚染されることによる長期的な動作安定性の劣化が防止される。

【0152】このような光導波路モジュールは、光ファイバや光平面導波路からなる光回路中に挿入される信号光強度モニタとして適用することが可能である。あるいは、光合波器、光分波器、光減衰器などの光平面導波路型回路の所定部位に設けることによって、光回路中で信号光強度をモニタする構成とすることも可能である。

【0153】また、反射フィルタによって反射されたNチャンネルの信号光が光検出器へと伝搬されるN個の反射光路に対して、隣接する反射光路間に光路隔離手段を設けることにより、隣接するチャンネル間でのクロストークの発生を極力防止することができる。これにより、それぞれの光導波路を伝送されるNチャンネルの信号光について、それぞれのチャンネルでの信号光の光強度を正確にモニタすることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】光導波路モジュールの第1実施形態の構成を示す平面図である。

【図2】図1に示した光導波路モジュールの光軸に沿った断面構造を一部拡大して示す断面図である。

【図3】信号光が伝送される光軸に対する反射面の傾きを変えたときの偏波依存損失の変化を示すグラフである。

【図4】反射フィルタによって反射された反射光による反射光スポットの形状、及び光検出器の受光面形状について説明するための模式図である。

【図5】光導波路モジュールの第2実施形態の構成を示す平面図である。

す平面図である。

【図6】図5に示した光導波路モジュールの光軸に沿った断面構造を一部拡大して示す断面図である。

【図7】光導波路モジュールの第3実施形態の構成を示す平面図である。

【図8】図7に示した光導波路モジュールの光軸に垂直な断面構造を一部拡大して示すI-I矢印断面図である。

【図9】光導波路モジュールの第4実施形態の構成を示す平面図である。

【図10】図9に示した光導波路モジュールの光軸に垂直な断面構造を一部拡大して示すII-II矢印断面図である。

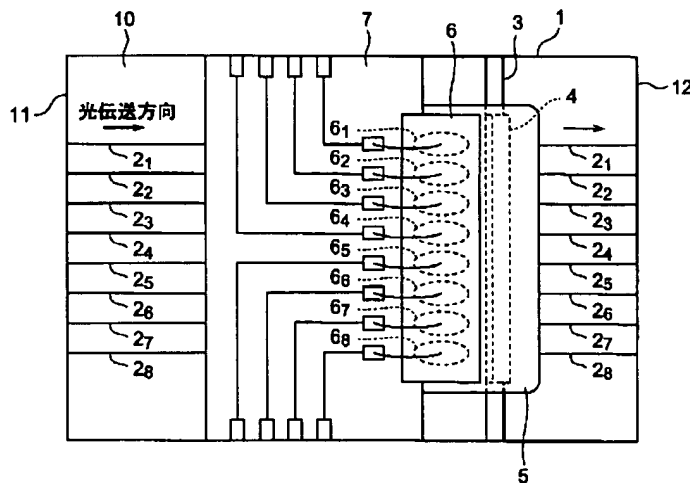
【図11】光導波路モジュールの第5実施形態の構成を示す平面図である。

【図12】図11に示した光導波路モジュールの光軸に垂直な断面構造を一部拡大して示すIII-III矢印断面図である。

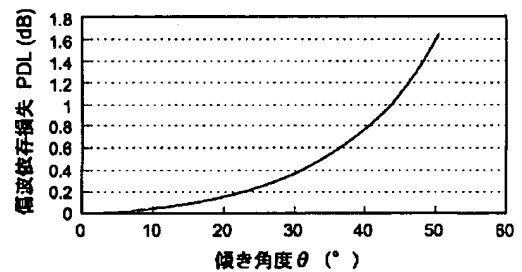
【符号の説明】

1…光平面導波路型回路、10…基板、11…入力端、12…出力端、21～28…光導波路、20…コア、21…上部クラッド、22…下部クラッド、251～257、261～267…光遮蔽層、3…溝、31…上流側端面、32…下流側端面、4…反射フィルタ、5…充填樹脂、51…内部充填樹脂部、52…上部充填樹脂部、6、60、62、64、66…光検出器アレイ、61～68、611～618、631～638、651～658、671～678…光検出器、7、70、72…サブマウント基板、711～717…光遮蔽部。

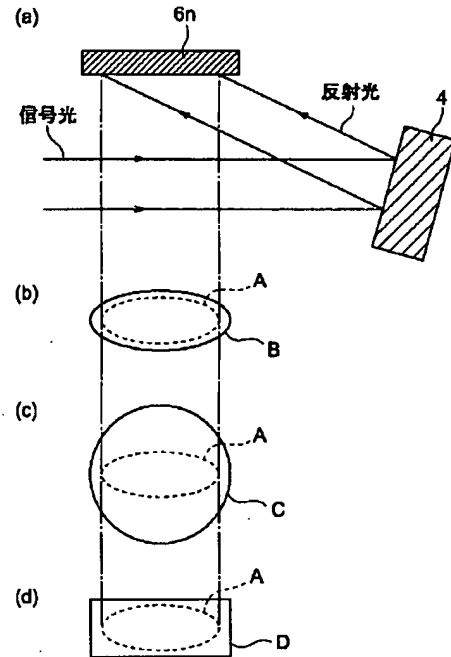
【図1】



【図3】



【図4】



【図5】

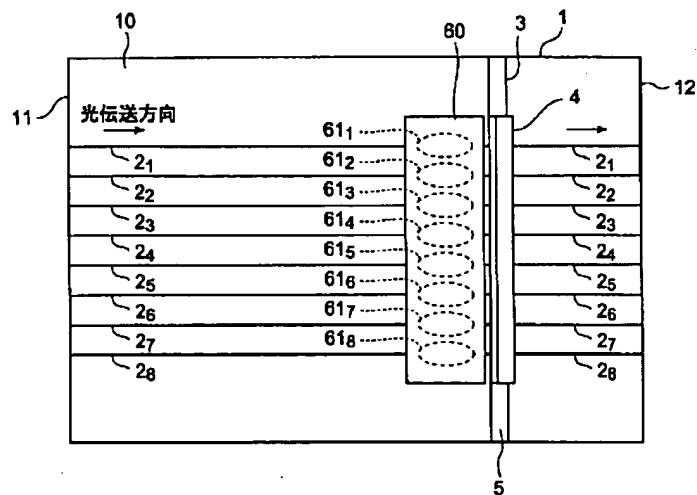
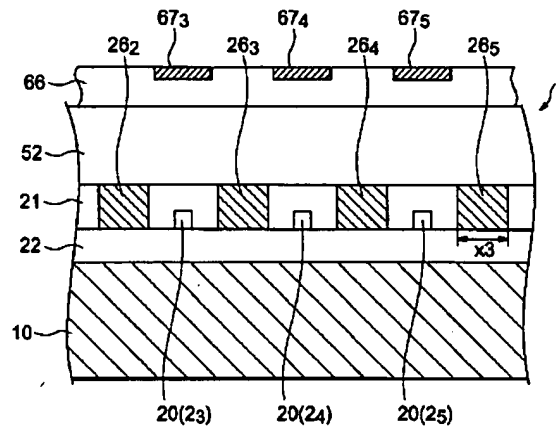


Figure 1 is a schematic diagram of a multi-channel optical transmission device. The device is shown in a cross-sectional view, with a central core (1) and a surrounding structure (10). The core (1) contains a helical structure (68) and a vertical section (67). The device is flanked by input/output regions (10, 12) and a control region (13). Light transmission direction is indicated by arrows (11, 4). Various components are labeled with numbers: 1, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 67, 671, 678, 68, 72.

【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 小宮 健雄
神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内

(72)発明者 齋藤 眞秀
神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内
Fターム(参考) 2H047 KA04 KA15 KB09 LA09 LA14
LA18 MA07 TA22
5F088 AA01 BA03 BA18 BB01 JA03
JA06 JA13 JA14 JA20

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the optical waveguide module which has the optical waveguide of the flat-surface waveguide mold formed on the substrate.

[0002]

[Description of the Prior Art] As for controlling the optical reinforcement of signal light to a suitable value, in the optical circuit using optical waveguides, such as an optical fiber or the Kohei side waveguide, it may be desirable to keep constant the optical reinforcement of the signal light transmitted in each optical waveguide etc. In such a case, controlling optical reinforcement based on the result which carried out the monitor of the optical reinforcement of signal light all over the optical circuit, or carried out the monitor further is performed.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The approach of forming an optical coupler on optical waveguide and branching in a part of signal light is conventionally used for the monitor of the above-mentioned optical reinforcement of signal light. By this approach, the monitor of the optical reinforcement of the signal light currently transmitted in that optical waveguide is carried out by forming an optical coupler in the position on optical waveguide, and carrying out the monitor of the optical reinforcement of the light which branched about several% and branched signal light with a photodetector.

[0004] However, when an optical coupler is used in this way and the mark of the optic which constitutes an optical circuit increase, since it is necessary to carry out fusion splicing of them, there is a problem that the configuration and production process of an optical circuit are complicated.

[0005] On the other hand, the approach of making reflect a part of signal light, and carrying out the monitor of the optical reinforcement is proposed, without using an optical coupler. For example, in the optical device indicated by JP,6-331837,A, a slanting end face is formed in the predetermined part of optical waveguide to an optical axis, the reflected light which is a part of signal light reflected in the direction in which optical axis differ in the end face is detected, and the monitor of the optical reinforcement is carried out. Moreover, the optical fiber indicated by JP,2000-155235,A reflected a part of light by which formed the vertical end face in the predetermined part of an optical fiber to the optical axis, the outgoing radiation of a part of signal light was made to carry out outside about branching / unification structure of light, and outgoing radiation was carried out by other slanting end faces to the optical axis, and is taken out.

[0006] However, when a part of signal light is reflected in this way and it uses for the monitor of optical reinforcement, the reflection factor of the signal light in a slanting end face serves as a value which changes with polarization conditions of signal light to reflect. For this reason, if the polarization condition of the signal light currently transmitted in optical waveguide is not specified, there is a problem that the monitor of the optical reinforcement cannot be carried out correctly. Moreover, when the end face of optical waveguide is exposed to the open air, long-term stability, such as a reflection

factor, will deteriorate by contamination of an end face.

[0007] This invention aims at offering the optical waveguide module which it is not concerned with the polarization condition of signal light, but can carry out the monitor of the optical reinforcement correctly while it is made in order to solve the above trouble, and the configuration of an optical circuit is simplified.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order to attain such an object, the optical waveguide module by this invention (1) So that it may be constituted including the optical waveguide of the flat-surface waveguide mold formed on the substrate and the substrate and the predetermined part of optical waveguide may be crossed The Kohei side waveguide mold circuit which has the slot aslant formed by θ ($0^\circ < \theta$) whenever [predetermined angle-of-inclination] to the vertical axes which intersect perpendicularly with the optical axis of optical waveguide, (2) While being installed inside the slot of the Kohei side waveguide mold circuit including the part where the signal light transmitted passes optical waveguide The reflective filter which reflects a part of signal light with the predetermined reflection factor for which the difference of the reflection factor between each cross polarization was compensated, (3) It is characterized by having the restoration resin with which it filled up so that the inside of a slot might be closed at least, and the photodetector which detects the reflected light in which signal light was reflected by (4) reflective filter.

[0009] By the above-mentioned optical waveguide module, optical waveguide is not branched with an optical coupler, but a part of signal light is reflected in the slot on slanting prepared on optical waveguide, and it has composition which can carry out the monitor of the optical reinforcement of signal light by the reflected light. Thereby, the configuration and production process of an optical circuit are simplified.

[0010] Moreover, signal light was not reflected, but the reflective filter with which polarization compensation by which the reflection factor between each polarization condition is made equal by the end face of a slot was realized was installed inside the slot, a part of signal light was reflected with this reflective filter, and it uses for the monitor of optical reinforcement. Since the reflection factor of signal light with a reflective filter does not depend optical waveguide on the polarization condition of the signal light currently transmitted but becomes almost fixed at this time, it becomes possible not to be concerned with the polarization condition of signal light, but to carry out the monitor of the optical reinforcement correctly. Moreover, since the inside of the slot containing a reflective filter is closed with restoration resin, the end face or reflective filter of a slot do not touch on the open air, and degradation of the long-term stability by contamination of an end face etc. is prevented.

[0011] Here, as for θ , it is [whenever / angle-of-inclination / of the slot formed in the Kohei side waveguide mold circuit] desirable that it is in include-angle within the limits of $0^\circ < \theta \leq 40^\circ$ degrees.

[0012] Although signal light will be reflected at a large include angle when θ becomes large whenever [over the vertical axes of a slot and a reflective filter / angle-of-inclination], at this time, the difference of the reflection factor between each cross polarization increases, and compensation of the difference of a reflection factor with a reflective filter becomes difficult. On the other hand, if θ is made into above-mentioned include-angle within the limits whenever [angle-of-inclination], compensation of the difference of the reflection factor in a reflective filter is fully realizable.

[0013] Moreover, it is characterized by using the resin ingredient which has the core of optical waveguide, and the refractive index of abbreviation identitas as restoration resin. The excessive echo of signal light by the end face of the slot used as the interface of optical waveguide and restoration resin is controlled by this.

[0014] Furthermore, it is desirable to use the resin ingredient which has the refractive index of abbreviation identitas mutually as the internal restoration resin which closes the inside of a slot, and up restoration resin which closes the top face of the Kohei side waveguide mold circuit while filling up with restoration resin so that the predetermined range of the top face of the Kohei side waveguide mold circuit containing a slot upside may be closed in addition to the inside of a slot.

[0015] It becomes possible to control similarly the excessive echo of the signal light (reflected light) in the interface of up restoration resin by this with the excessive echo of the signal light (reflected light) in the interface of internal restoration resin. Here, using the same resin ingredient for internal restoration resin and up restoration resin, then the process filled up with resin can be simplified.

[0016] Moreover, it is characterized by preparing the coat film (acid-resisting coat) which prevents an echo of the light wave length band used for the interface of the Kohei side waveguide mold circuit and a photodetector, or the interface of restoration resin and a photodetector. The refractive indexes of a photodetector usually differ greatly from the refractive index of optical waveguide or restoration resin. On the other hand, if the acid-resisting coat is prepared if needed, the excessive echo produced when incidence of the reflected light is carried out to a photodetector is controlled, and the polarization dependency produced by it can be controlled.

[0017] Moreover, the light-receiving side of a photodetector is characterized by being formed in the abbreviation elliptical containing a reflected light spot elliptical [by the reflected light reflected by the reflective filter].

[0018] Since the signal light transmitted in optical waveguide has the circular signal light spot from the core configuration, the spot of the reflected light reflected by the slanting reflective filter serves as elliptical. On the other hand, if the light-receiving side of a photodetector is made abbreviation elliptical, generating of the noise from a part for an unnecessary light-receiving surface part etc. can be reduced, and the effectiveness of the monitor of optical reinforcement will improve. Moreover, since width of face of the light-receiving side over the array direction vertical to the optical axis of optical waveguide can be made into the minimum, when installing a photodetector array corresponding to an optical waveguide array, it becomes possible to make the array pitch of a photodetector small and to consider as the configuration of an efficient optical circuit.

[0019] Moreover, while an optical waveguide module has the optical waveguide of N book (N is plurality) and is equipped with the photodetector of N individual corresponding to the optical waveguide of N book as a photodetector as optical waveguide of the Kohei side waveguide mold circuit, respectively It is characterized by establishing the optical-path isolation means for isolating reflected light ways between each reflected light way of N individual to the reflected light way of N individual where a part of signal light transmitted in each optical waveguide of N book is reflected in the photodetector which corresponds with a reflective filter.

[0020] Thus, the Kohei side waveguide mold circuit has the optical waveguide of N book (N channel), and it is detected by the photodetector with which the signal light of N channel reflected by the reflective filter spreads a predetermined reflected light way, and corresponds, respectively when carrying out the monitor of the optical reinforcement of the signal light of N channel transmitted in each optical waveguide. While the signal light from the optical waveguide reflected with the reflective filter is detected by the corresponding photodetector at this time, that part adjoins, and also incidence is carried out to the photodetector of a channel, it is detected by dispersion of the light produced in the part of a filter or others, the breadth of the light reflected and transmitted, etc., and a cross talk may deteriorate by them.

[0021] On the other hand, generating of the cross talk between the adjoining channels can be prevented as much as possible by establishing an optical-path isolation means between the reflected light ways which adjoin as mentioned above. This becomes possible to carry out the monitor of the optical reinforcement of the signal light in each channel to accuracy about the signal light of N channel transmitted in each optical waveguide.

[0022] Moreover, as a configuration for isolating reflected light ways, the configuration which is the optical electric shielding means established between each optical waveguide of N book is suitable for an optical-path isolation means so that the light which passes to the reflected light way which adjoins from a reflected light way in the Kohei side waveguide mold circuit may be covered. Or the configuration which is the optical electric shielding means established so that the light which passes to the reflected light way which adjoins from a reflected light way in restoration resin might be covered is suitable for an optical-path isolation means.

[0023] Thus, generating of the cross talk between the adjoining channels can be certainly prevented by establishing an optical electric shielding means in the Kohei side waveguide mold circuit or restoration resin. It is desirable to use the optical shielding material which has the effectiveness which covers light as such an optical electric shielding means when absorption, an echo, or dispersion carries out light of signal light wave length.

[0024] As a concrete configuration in the case of establishing an optical electric shielding means in restoration resin While filling up with restoration resin so that the predetermined range of the top face of the Kohei side waveguide mold circuit containing a slot upside may be closed in addition to the inside of a slot The installation member (mounting member) for laying the photodetector of N individual in the top-face side of the Kohei side waveguide mold circuit is prepared, and the configuration which consists of the optical electric shielding section prepared in the installation member so that it might project in the up restoration resin which closes the top face of the Kohei side waveguide mold circuit can be used for an optical electric shielding means. Moreover, the configuration which establishes an optical electric shielding means apart from an installation member may be used.

[0025] Of course, the effectiveness that preparing a slot as an optical-path isolation means between the waveguide cores of optical waveguide also controls the scattered light, and it prevents generating of a cross talk by preparing the dry area of a suitable flute width and the slot side-attachment-wall section etc. is acquired.

[0026]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the suitable operation gestalt of the optical waveguide module by this invention is explained to a detail with a drawing. In addition, in explanation of a drawing, the same sign is given to the same element, and the overlapping explanation is omitted. Moreover, the rate of a proportion of a drawing is not necessarily in agreement with the thing of explanation.

[0027] Drawing 1 is the top view showing the configuration of the 1st operation gestalt of the optical waveguide module by this invention. This optical waveguide module is equipped with the Kohei side waveguide mold circuit 1 constituted by having eight optical waveguides (eight channels) 21-28 of the flat-surface waveguide mold formed on the substrate 10 and the substrate 10.

[0028] Each of optical waveguides 21-28 is mutually formed in parallel and regular intervals toward the outgoing end 12 along the predetermined direction of optical transmission (the direction of the arrow head in drawing 1) from the input edge 11 of the Kohei side waveguide mold circuit 1. Moreover, the slot 3 which crosses optical waveguides 21-28 is established in the predetermined part to the direction of optical transmission of the Kohei side waveguide mold circuit 1.

[0029] This slot 3 is closed with restoration resin 5 while the reflective filter 4 for reflecting a part of signal light transmitted to that inside in each optical waveguides 21-28 is installed. Moreover, rather than the slot 3, while the submounting substrate 7 is installed above the Kohei side waveguide mold circuit 1, the photodetector array 6 which has eight photodetectors 61-68 corresponding to optical waveguides 21-28, respectively is installed above restoration resin 5 and the submounting substrate 7 in the location of the upstream. The Kohei side waveguide mold circuit 1, the submounting substrate 7 and the submounting substrate 7, and the photodetector array 6 are fixed with solder.

[0030] In addition, in drawing 1 , the configuration of each light-receiving side is illustrated by the dotted line about photodetectors 61-68. Moreover, while the submounting substrate 7 is an installation member (mounting member) for laying the photodetector array 6, wiring, an electrode, etc. for reading the photodetection signal from photodetectors 61-68 are formed in the top face as typically shown in drawing 1 .

[0031] Drawing 2 is the sectional view showing the cross-section structure of the optical waveguide module shown in drawing 1 along the direction of an optical axis (the direction of optical transmission of the Kohei side waveguide mold circuit 1) of 2n of optical waveguides (n=1-8). In addition, the part containing a slot 3, the reflective filter 4, and the photodetector array 6 is expanded, and this drawing 2 is shown.

[0032] 2n of optical waveguides in the Kohei side waveguide mold circuit 1 is constituted by forming the lower clad 22, a core 20, and the up clad 21 on a substrate 10, as shown in drawing 2 . On the other

hand, the slot 3 which crosses 2n of optical waveguides by the predetermined part is equivalent to a core 20, is depth d which includes the part where the signal light transmitted passes 2n of optical waveguides at least, and is aslant formed by θ ($0^\circ < \theta$) whenever [predetermined angle-of-inclination] to the vertical axes (shown by the dotted line in drawing 2) which intersect perpendicularly with the optical axis of 2n of optical waveguides (it intersects perpendicularly with a substrate 10). In this operation gestalt, depth d of a slot 3 is set up more greatly than the thickness of 2n of optical waveguides.

[0033] The reflective filter 4 is inserted inside the slot 3. To the optical axis, the reflective filter 4 is the include angle θ of a slot 3 and abbreviation identitas, and it is installed so that the part where the signal light transmitted passes 2n of optical waveguides may be included at least. This reflective filter 4 consists of a dielectric multilayer filter preferably, and it is constituted so that a part of signal light of the predetermined wavelength (inside of a predetermined wavelength band) transmitted in 2n of optical waveguides may be reflected with a fixed reflection factor.

[0034] Furthermore, the difference of the reflection factor between each cross polarization at the time of reflecting signal light is compensated, and the dielectric multilayer filter which constitutes this reflective filter 4 is formed so that a part for signal Mitsunari of each polarization condition may be reflected with an almost equal reflection factor. Setting out of the reflection factor to a part for signal Mitsunari of such each polarization condition is performed by the dielectric materials of each class which constitutes for example, a dielectric multilayer filter, the thickness of the combination and each class, etc.

[0035] The inside of the slot 3 containing the reflective filter 4 is closed with restoration resin 5. Here, the restoration resin 5 in this operation gestalt consists of the internal restoration resin section 51 which is closing the inside of a slot 3, and the up restoration resin section 52 which is closing the predetermined range of the top face of the Kohei side waveguide mold circuit 1 containing a slot 3 upside. The section restoration resin section 51 and the up restoration resin section 52 are formed in one using the same resin ingredient among these.

[0036] The photodetector array 6 which has 6n ($n=1-8$) of photodetectors corresponding to 2n of each optical waveguide, respectively is installed in the top-face side of the up restoration resin section 52 of restoration resin 5, and the submounting substrate 7. The photodetector array 6 is arranged so that incidence of the reflected light in which a part of signal light transmitted in 2n of optical waveguides was reflected with the reflective filter 4 may be carried out to the light-receiving side of 6n of photodetectors which correspond, respectively. In addition, as 6n of photodetectors, it is desirable to use [of the reflected light] the photodiode of a rear-face incoming radiational type etc. from incidence.

[0037] If outgoing radiation of the signal light transmitted in 2n of optical waveguides is carried out through the upstream end face 31 in the above configuration to the internal restoration resin section 51 in a slot 3, a part of signal light receives an optical axis. With the slanting reflective filter 4 It is reflected in the slanting upper part of the Kohei side waveguide mold circuit 1 with the predetermined reflection factor by which polarization compensation was carried out so that it might become equal to each polarization condition. Moreover, the amount of other signal Mitsunari penetrates the internal restoration resin section 51 and the reflective filter 4, and incidence is again carried out through the downstream end face 32 at 2n of optical waveguides.

[0038] On the other hand, incidence of the reflected light reflected by the reflective filter 4 is carried out at 6n of photodetectors through the internal restoration resin section 51, 2n of optical waveguides, and the up restoration resin section 52. And the monitor of the optical reinforcement of the signal light currently transmitted in 2n of optical waveguides is carried out from the optical reinforcement of the reflected light detected by 6n of photodetectors.

[0039] By the optical waveguide module of this operation gestalt, it does not branch in the optical waveguide itself with optics, such as an optical coupler, but a part of signal light is reflected in the slot 3 on slanting prepared so that 2n of each optical waveguide might be crossed, and it uses for the monitor of optical reinforcement. Thereby, the configuration of the optical circuit in the optical waveguide module in which the monitor of optical reinforcement is possible is simplified. Moreover, since installation of an excessive optic, the fusion splicing of each optical waveguide, etc. become

unnecessary, the production process is simplified similarly.

[0040] Moreover, signal light is not reflected but a part of signal light is reflected with the reflective filter 4 with which polarization compensation by which the reflection factor between each cross polarization is made almost equal by the end faces 31 and 32 of a slot 3 was realized. since the reflection factor of signal light with the reflective filter 4 does not depend 2n of optical waveguides on the polarization condition of the signal light currently transmitted but serves as about 1 law at this time, it becomes possible not to be concerned with the polarization condition of signal light, but to carry out the monitor of the optical reinforcement correctly using the optical reinforcement of the reflected light detected by 6n of photodetectors.

[0041] Moreover, the inside of the slot 3 containing the reflective filter 4 is closed with restoration resin 5. Since it is lost at this time that end faces 31 and 32, the reflective filter 4, etc. of a slot 3 touch on the open air, degradation of the long-term stability of operation by those contamination is prevented.

[0042] Here, as for theta, it is [whenever / angle-of-inclination / over the vertical axes of a slot 3 and the reflective filter 4] desirable that it is include-angle within the limits of $0 \text{ degree} < \theta \leq 40 \text{ degrees}$.

[0043] Change of the polarization dependence loss (PDL: Polarization dependent loss) when changing the inclination of the reflector over the optical axis with which signal light is transmitted to drawing 3 is shown. As shown in this graph, when theta is made into 0 degree whenever [over vertical axes / angle-of-inclination], the reflection property by the usual reflector does not have a polarization dependency, and is set to $\text{PDL}=0$ (when signal light is reflected in hard flow). And if the polarization dependency of a reflection factor increases and theta exceeds 40 degrees as theta becomes large whenever [angle-of-inclination], the value of PDL increases rapidly.

[0044] Thus, if theta becomes large and PDL increases, polarization compensation of the difference of a reflection factor with the reflective filter 4 will become difficult. That is, the numerical conditions as which it is required of a refractive index, thickness, etc. of construction material of each class in the dielectric multilayer filter for compensating the difference of a reflection factor with a large configuration whenever [angle-of-inclination] since the value of theta of PDL is large and it changes with theta rapidly become very severe. For this reason, practically, it is difficult to design and create the dielectric multilayer filter of the reflective filter 4 so that the difference of a reflection factor may fully be compensated. On the other hand, if theta is made into include-angle within the limits of $0 \text{ degree} < \theta \leq 40 \text{ degrees}$ whenever [angle-of-inclination], compensation of the difference of the reflection factor in the reflective filter 4 is realizable in sufficient precision.

[0045] Moreover, about restoration resin 5, it is desirable to use the resin ingredient which has the refractive index (less than 1% of for example, errors) of the core 20 of 2n of optical waveguides and abbreviation identitas.

[0046] By using the internal restoration resin section 51 as the resin ingredient which has the refractive index of a core 20 and abbreviation identitas, an excessive echo in case outgoing radiation of the signal light is carried out from 2n of optical waveguides to the internal restoration resin section 51 (point P1 reference in drawing 2) is controlled. Moreover, an excessive echo in case incidence of the reflected light reflected with the reflective filter 4 is carried out from the internal restoration resin section 51 at 2n of optical waveguides (point P2 reference) is controlled.

[0047] Moreover, an excessive echo in case incidence of the reflected light reflected with the reflective filter 4 is carried out from 2n of optical waveguides to the up restoration resin section 52 (point P3 reference) is controlled by using up restoration resin 52 as the resin ingredient which has the refractive index of a core 20 and abbreviation identitas.

[0048] When an excessive echo arises in the field side of 2n of such optical waveguides, the internal restoration resin section 51, and the up restoration resin section 52, those reflection properties have a polarization dependency according to whenever [each angle-of-reflection]. Therefore, if an echo is produced without the refractive index between these each part having consistency, although the reflective filter 4 is performing polarization compensation of the difference of a reflection factor, the optical reinforcement of the reflected light detected by 6n of photodetectors will be dependent on the polarization condition of signal light. On the other hand, if a refractive index is adjusted and the

excessive echo in respect of each field is controlled, it will become certainly possible to realize the monitor of the right light reinforcement without regards to the polarization condition of signal light.

[0049] In addition, like this operation gestalt, when the up restoration resin section 52 is formed in addition to the internal restoration resin section 51, it is desirable to use the resin ingredient which has the refractive index of abbreviation identitas mutually to these restoration resin sections 51 and 52. It becomes possible to control similarly the excessive echo of the signal light (reflected light) in the interface of the up restoration resin section 52 by this with the excessive echo of the signal light (reflected light) in the interface of the internal restoration resin section 51.

[0050] Furthermore, the restoration resin sections 51 and 52 may be formed in one using the same resin ingredient. The process filled up with resin is simplified by this. In addition, the difference of the refractive index of a core 20 and the up clad 21 is usually the magnitude which can be disregarded about the problem of this echo.

[0051] Moreover, when an excessive echo in case incidence of the reflected light reflected with the reflective filter 4 is carried out from the up restoration resin section 52 at 6n of photodetectors (point P4 reference) poses a problem, it is desirable to establish an acid-resisting coat in a restoration resin 5 and 6n [of photodetectors] interface. The excessive echo produced by this when incidence of the reflected light from the reflective filter 4 is carried out at 6n of photodetectors is controlled, and it becomes certainly possible like the excessive echo in the field side of the 2n of the above-mentioned optical waveguides, the internal restoration resin section 51, and the up restoration resin section 52 to realize the monitor of the right light reinforcement without regards to the polarization condition of signal light.

[0052] Moreover, about the configuration of 6n of photodetectors, and the photodetector array 6, it is desirable that the light-receiving side of 6n of each photodetector is formed [direction / of 2n of optical waveguides / the major axis and / array] in the abbreviation elliptical used as a minor axis in the direction of an optical axis of 2n of optical waveguides as shown in drawing 1.

[0053] Drawing 4 is a mimetic diagram for explaining the configuration of the reflected light spot by the reflected light reflected by the reflective filter 4, and the light-receiving side configuration of 6n of photodetectors. The signal light transmitted in 2n of optical transmission lines has the signal light spot of an approximate circle form from the configuration of a core 20 etc. Therefore, the reflected light (refer to the side elevation of drawing 4 (a)) in which this signal light was reflected with the slanting reflective filter 4 forms an elliptical reflected light spot in the light-receiving side of 6n of photodetectors, as a dotted line A shows to the top view of drawing 4 (b).

[0054] On the other hand, if the light-receiving side of 6n of photodetectors is formed in the abbreviation elliptical which contains this reflected light spot in drawing 4 (b) as a continuous line B shows and which meets elliptical [of a reflected light spot], the reflected light is detectable with sufficient light-receiving effectiveness. In addition, although it is also possible to converge the elliptical reflected light using a lens etc. and to carry out incidence to a photodetector, since the mark of an optic increase in this case, it becomes high cost. On the other hand, while doubling the light-receiving side configuration of 6n of photodetectors with a reflected light spot and simplifying the configuration of an abbreviation elliptical, then an optical waveguide module, it can consider as low cost.

[0055] Here, although the light-receiving effectiveness of the reflected light will not be different from an abbreviation elliptical case if it is the light-receiving side configuration of a circle configuration as a continuous line C shows to drawing 4 (c), the width of face of the light-receiving side over the array direction (61 to 68 reference of drawing 1) of the photodetector which corresponds in the vertical direction in the inside of drawing 4 becomes large. For this reason, in a photodetector array, high density cannot be made to accumulate a photodetector by the small array pitch, an optical circuit large-area-izes, and it becomes high cost.

[0056] On the other hand, an abbreviation elliptical light-receiving side configuration, then the array pitch of a photodetector can be made small as much as possible, and an optical circuit can be constituted efficiently.

[0057] Moreover, if it is a rectangle-like light-receiving side configuration as a continuous line D shows to drawing 4 (d), accumulation of the photodetector in the same array pitch as an abbreviation elliptical

case is possible. However, with this configuration, a part for the unnecessary light-receiving surface part which is not used for light-receiving of the reflected light in the direction of the diagonal line of a light-receiving side is produced. Since the amount of such a light-receiving surface part becomes the source of release of the noise to a photodetection signal, that degradation of a S/N ratio and an effective dynamic range become small etc. becomes the cause that the effectiveness of reflected light detection falls. The same of such a problem is said of the case of the light-receiving side configuration of the above-mentioned circle configuration.

[0058] On the other hand, generating of the noise from a part for an abbreviation elliptical light-receiving side configuration, then an unnecessary light-receiving surface part etc. can be reduced, and the effectiveness of the monitor of optical reinforcement can be raised. However, according to an array pitch, detection efficiency, etc. which are demanded in each optical waveguide module, the light-receiving side configuration of the shape of a circle configuration or a rectangle may be used.

[0059] The concrete example of the optical waveguide module by the above-mentioned operation gestalt is explained.

[0060] First, the 1st example is explained. In this example, the slot 3 was formed by whenever [$\theta = 30$ -degree angle-of-inclination], and width of face of $w = 25$ micrometers to the direction of an optical axis. Moreover, as a reflective filter 4 inserted inside a slot 3, the polarization compensating filter with a thickness of 11 micrometers was used at 10% of reflection factors of signal light. Moreover, the same resin ingredient was used for the internal restoration resin section 51 and the up restoration resin section 52 as restoration resin 5. The refractive index of the index matching adhesives which are the used resin ingredients was $n = 1.47$ in the band with a wavelength of 1.51 micrometers - 1.61 micrometers. Moreover, as 6n of photodetectors, the diameter of the direction of a major axis used the InGaAs-PIN mold photodiode with which the diameter of 0.3mm and the direction of a minor axis has the elliptical light-receiving side which is 0.15mm. The light-receiving sensibility in the simple substance of this photodiode was 1.1 A/W.

[0061] When the monitor of the optical reinforcement of signal light was performed using the optical waveguide module which consists of the above configuration, it was 10% of S polarization, and 10.3% of P polarization, the polarization dependency of the reflection factor in the reflective filter 4 was made the polarization dependence loss PDL, and was fully as small as 0.1dB, and where the dependency to the polarization condition of signal light is fully reduced, it was checked that the monitor of optical reinforcement is possible.

[0062] Moreover, the light-receiving sensibility to the signal light by which incidence is carried out was about 0.1 A/W. This shows that the optical reinforcement for signal Mitsunari reflected by the reflective filter 4 with 10% of reflection factor is detected by 6n of photodetectors at about 100% of effectiveness. Moreover, the 2n [of optical waveguides of a slot 3 and the reflective filter 4] insertion loss doubled loss by diffraction of the echo of signal light with the reflective filter 4, and the signal light inside a slot 3 etc., and was about 1.0dB.

[0063] Next, the 2nd example is explained. In this example, the slot 3 was formed by whenever [$\theta = 10$ -degree angle-of-inclination], and width of face of $w = 25$ micrometers to the direction of an optical axis. Moreover, as a reflective filter 4 inserted inside a slot 3, the polarization compensating filter with a thickness of 11 micrometers was used at 10% of reflection factors of signal light. Moreover, the same resin ingredient was used for the internal restoration resin section 51 and the up restoration resin section 52 as restoration resin 5. The refractive index of the index matching adhesives which are the used resin ingredients was $n = 1.47$ in the band with a wavelength of 1.51 micrometers - 1.61 micrometers. Moreover, as 6n of photodetectors, the diameter of the direction of a major axis used the photodiode with which the diameter of 0.3mm and the direction of a minor axis has the elliptical light-receiving side which is 0.15mm. The light-receiving sensibility in the simple substance of this photodiode was 1.1 A/W.

[0064] Moreover, in this example, in order to prevent the excessive echo produced when incidence of the reflected light is carried out to 6n of photodetectors, the acid-resisting coat was established in the up restoration resin 52 and 6n [of photodetectors] interface.

[0065] When the monitor of the optical reinforcement of signal light was performed using the optical waveguide module which consists of the above configuration, it was 9.7% of S polarization, and 10% of P polarization, the polarization dependency of the reflection factor in the reflective filter 4 was made the polarization dependence loss PDL, and was fully as small as 0.1dB, and where the dependency to the polarization condition of signal light is fully reduced, it was checked that the monitor of optical reinforcement is possible.

[0066] Moreover, the light-receiving sensibility to the signal light by which incidence is carried out was about 0.1 A/W. This shows that the optical reinforcement for signal Mitsunari reflected by the reflective filter 4 with 10% of reflection factor is detected by 6n of photodetectors at about 100% of effectiveness. Moreover, the 2n [of optical waveguides of a slot 3 and the reflective filter 4] insertion loss doubled loss by diffraction of the echo of signal light with the reflective filter 4, and the signal light inside a slot 3 etc., and was about 1.0dB.

[0067] It turns out that the optical waveguide module which it is not concerned with the polarization condition of signal light, but can carry out the monitor of the optical reinforcement correctly from the above example [1st and 2nd] with the optical waveguide module which has the above-mentioned configuration is realized.

[0068] The operation gestalt of the optical waveguide module by this invention is explained further.

[0069] Drawing 5 is the top view showing the configuration of the 2nd operation gestalt of an optical waveguide module. This optical waveguide module is equipped with the Kohei side waveguide mold circuit 1 constituted by having eight optical waveguides (eight channels) 21-28 of the flat-surface waveguide mold formed on the substrate 10 and the substrate 10 like the 1st operation gestalt.

[0070] Each of optical waveguides 21-28 is mutually formed in parallel and regular intervals toward the outgoing end 12 along the predetermined direction of optical transmission (the direction of the arrow head in drawing 5) from the input edge 11 of the Kohei side waveguide mold circuit 1. Moreover, the slot 3 which crosses optical waveguides 21-28 is established in the predetermined part to the direction of optical transmission of the Kohei side waveguide mold circuit 1.

[0071] This slot 3 is closed with restoration resin 5 while the reflective filter 4 for reflecting a part of signal light transmitted to that inside in each optical waveguides 21-28 is installed. Moreover, the photodetector array 60 which has eight photodetectors 611-618 corresponding to optical waveguides 21-28, respectively is installed above the Kohei side waveguide mold circuit 1 rather than the slot 3 in the location of the upstream. In addition, in drawing 5 , the configuration of each light-receiving side is illustrated by the dotted line about photodetectors 611-618.

[0072] Drawing 6 is the sectional view showing the cross-section structure of the optical waveguide module shown in drawing 5 along the direction of an optical axis of 2n of optical waveguides (n=1-8). In addition, the part containing a slot 3, the reflective filter 4, and the photodetector array 60 is expanded, and this drawing 6 is shown. Moreover, about the Kohei side waveguide mold circuit 1 containing 2n of optical waveguides which consist of the lower clad 22, a core 20, and an up clad 21 among configurations of having been shown in drawing 6 , a slot 3, and the reflective filter 4, it is the same as that of the configuration shown in drawing 2 .

[0073] The inside of the slot 3 containing the reflective filter 4 is closed with restoration resin 5. Here, the restoration resin 5 in this operation gestalt consists only of the internal restoration resin section 51 which is closing the inside of a slot 3.

[0074] The photodetector array 60 which has 61n (n=1-8) of photodetectors corresponding to 2n of each optical waveguide, respectively is installed in the top-face side of the up clad 21 of the Kohei side waveguide mold circuit 1. The photodetector array 60 is arranged so that incidence of the reflected light in which a part of signal light transmitted in 2n of optical waveguides was reflected with the reflective filter 4 may be carried out to the light-receiving side of 61n of photodetectors which correspond, respectively. In addition, as 61n of photodetectors, it is desirable to use [of the reflected light] the photodiode of a rear-face incoming radiational type etc. from incidence. Moreover, an acid-resisting coat may be established in an interface with 61n of photodetectors, and the up clad 21 of 2n of optical waveguides.

[0075] If outgoing radiation of the signal light transmitted in 2n of optical waveguides is carried out through the upstream end face 31 in the above configuration to the internal restoration resin section 51 in a slot 3, a part of signal light receives an optical axis. With the slanting reflective filter 4 It is reflected in the slanting upper part of the Kohei side waveguide mold circuit 1 with the predetermined reflection factor by which polarization compensation was carried out so that it might become equal to each polarization condition. Moreover, the amount of other signal Mitsunari penetrates the internal restoration resin section 51 and the reflective filter 4, and incidence is again carried out through the downstream end face 32 at 2n of optical waveguides.

[0076] On the other hand, incidence of the reflected light reflected by the reflective filter 4 is carried out at 61n of photodetectors through the internal restoration resin section 51 and 2n of optical waveguides. And the monitor of the optical reinforcement of the signal light currently transmitted in 2n of optical waveguides is carried out from the optical reinforcement of the reflected light detected by 61n of photodetectors.

[0077] By the optical waveguide module of this operation gestalt, a part of signal light is reflected in the slot 3 on slanting prepared like the 1st operation gestalt so that 2n of each optical waveguide might be crossed, and it uses for the monitor of optical reinforcement. Thereby, the configuration of the optical circuit in the optical waveguide module in which the monitor of optical reinforcement is possible is simplified. Moreover, since installation of an excessive optic, the fusion splicing of each optical waveguide, etc. become unnecessary, the production process is simplified similarly.

[0078] Moreover, since a part of signal light is reflected with the reflective filter 4 with which polarization compensation by which the reflection factor between each cross polarization is made almost equal was realized, it becomes possible not to be concerned with the polarization condition of signal light, but to carry out the monitor of the optical reinforcement correctly using the optical reinforcement of the reflected light detected by 61n of photodetectors. Moreover, since the inside of the slot 3 containing the reflective filter 4 is closed with restoration resin 5, it is lost that end faces 31 and 32, the reflective filter 4, etc. of a slot 3 touch on the open air, and degradation of the long-term stability of operation by those contamination is prevented.

[0079] Here, like the 1st and 2nd operation gestalt mentioned above, the Kohei side waveguide mold circuit 1 has the optical waveguide of N book (N is $N=8$ at plurality and the above-mentioned operation gestalt), and when carrying out the monitor of the optical reinforcement of the signal light of N channel transmitted in each optical waveguide, the photodetector of N individual is installed so that it may correspond to each optical waveguide. And the monitor of the optical reinforcement of each signal light is carried out by being detected with the photodetector with which the signal light of N channel reflected by the reflective filter spreads a predetermined reflected light way, and corresponds, respectively.

[0080] While the signal light from the optical waveguide reflected with the reflective filter is detected by the corresponding photodetector at this time, the cross talk which that part adjoins and also will be detected by dispersion of the light produced in every place of a device, the breadth of the light reflected and transmitted, etc. by carrying out incidence to the photodetector of a channel poses a problem. When a cross talk occurs between the adjoining channels, it becomes impossible thus, to carry out the monitor of the optical reinforcement of the signal light in each channel to accuracy.

[0081] Some causes which the cross talk between such channels generates are considered. For example, with the configuration shown in drawing 2 or drawing 6, the reflected light and the scattered light by scattered reflection etc. of the dispersion, the substrate 10, and the lower clad 22 by the defect in the scattered reflection in the interface of each part of the Kohei side waveguide mold circuit 1 and restoration resin 5, the top face of the up clad 21, etc. in an interface are considered as a cause of cross talk generating.

[0082] Moreover, although the signal light transmitted in optical waveguide mainly spreads incore, it spreads and spreads a part of signal light also in the upper part near the core, and a lower clad. If the breadth to the clad of signal light is too large at this time, the reflected light way from a reflective filter to a photodetector will spread too much, or it will become causes of cross talk generating -- the unnecessary scattered light occurs within optical waveguide etc..

[0083] The breadth to such a clad of signal light is produced by the misalignment to the optical waveguide of the optical fiber for a signal light input connected to the input edge of for example, the Kohei side waveguide mold circuit etc. That is, if an optical fiber is connected to the location [core / of optical waveguide] shifted, the inputted signal light will spread the inside of a clad without waveguide structure etc.

[0084] To the problem of the cross talk between such channels, with the 2nd operation gestalt which installed the photodetector array 60 in the top-face side of the Kohei side waveguide mold circuit 1 directly, without forming a submounting substrate etc., as shown in drawing 6, a 61n [of photodetectors from the reflective filter 4] reflected light way becomes short, and the breadth of the reflected light can be reduced. Moreover, restoration resin 5, the scattered reflection in the interior of 2n of optical waveguides or an interface, and the effect of dispersion are reduced. Therefore, generating of the cross talk between channels is controlled.

[0085] Moreover, also in any of the 1st and 2nd operation gestalt, it is desirable to enlarge the optical confinement effectiveness of the signal light into a core 20 to the signal light transmitted in 2n of optical waveguides, when preventing cross talk generating. Specifically, it is desirable to enlarge refractive-index difference Δn of a core 20 and clads 21 and 22. Thereby, breadth to the clads 21 and 22 of the signal light by which the inside of a core 20 is spread can be made small. Moreover, also about a part for signal Mitsunari which oozed out to the clad by the misalignment of an optical fiber etc., since the refractive index of a core is high, the effectiveness which confines light in the interior of a core is expectable.

[0086] As an example, in the configuration shown in drawing 6, refractive-index difference $\Delta n = 0.3\%$ of a core 20 and clads 21 and 22, where misalignment is carried out to the location offset 2 micrometers from the core, when the optical fiber was connected to the optical waveguide of core size $8.5\text{micrometer}^{**}$, the cross talk deteriorated to -22dB . On the other hand, when refractive-index difference Δn was made large to 0.45% from 0.3% , the cross talk has been improved to $<-25\text{dB}$ level.

[0087] Here, the manufacture approach of the Kohei side waveguide mold circuit in the case of enlarging refractive-index difference Δn between a core and a clad in this way is explained. a core and an up clad (exaggerated clad) -- for example, the SiO_2 (quartz) glass impalpable powder with which the predetermined additive was added, respectively is made to deposit and sinter by the flame depositing method (FHD law : Flame Hydrolysis Deposition Method), and it is formed.

[0088] Let a core as germanium addition SiO_2 glass, and, specifically, let an up clad be B/P addition SiO_2 glass. When germanium, B, P, and SiO_2 hydrolyze GeCl_4 , BCl_3 , POCl_3 , and SiCl_4 in an acid hydrogen burner, respectively, soot-like impalpable powder is obtained. And refractive-index difference Δn is adjusted by adjusting the addition of the addition of germanium to a core, B to an up clad, and P.

[0089] For example, typically, the addition of germanium to a core becomes about germanium concentration $=4.6\text{wt}\%$ at the time of germanium concentration $=3.2\text{wt}\%$ and $\Delta n = 0.45\%$ at the time of $\Delta n = 0.3\%$. Moreover, although decided by the soot attachment condition etc., the addition of B and P to an up clad balances the addition of P to which a refractive index is made to increase, and the addition of B to which a refractive index is reduced, and it is adjusted so that it may become a refractive index equivalent to pure SiO_2 glass exactly. By the above approach, 0.3% and 0.45% of optical waveguide is obtained for refractive-index difference Δn of a core and an up clad.

[0090] It is also effective to establish an optical-path isolation means between optical paths to the problem of the cross talk between the channels mentioned above also besides enlarging the optical confinement effectiveness to a core. That is, generating of the cross talk between the adjoining channels can be prevented as much as possible by establishing an optical-path isolation means between adjoining reflected light ways. This becomes possible to carry out the monitor of the optical reinforcement of the signal light in each channel to accuracy more about the signal light of N channel transmitted in each optical waveguide.

[0091] Drawing 7 is the top view showing the configuration of the 3rd operation gestalt of an optical

waveguide module. This optical waveguide module is equipped with the Kohei side waveguide mold circuit 1 constituted by having eight optical waveguides (eight channels) 21-28 of the flat-surface waveguide mold formed on the substrate 10 and the substrate 10 like the 1st operation gestalt.

[0092] Each of optical waveguides 21-28 is mutually formed in parallel and regular intervals toward the outgoing end 12 along the predetermined direction of optical transmission (the direction of the arrow head in drawing 7) from the input edge 11 of the Kohei side waveguide mold circuit 1. Moreover, the slot 3 which crosses optical waveguides 21-28 is established in the predetermined part to the direction of optical transmission of the Kohei side waveguide mold circuit 1.

[0093] This slot 3 is closed with restoration resin 5 while the reflective filter 4 for reflecting a part of signal light transmitted to that inside in each optical waveguides 21-28 is installed. Moreover, the photodetector array 62 which has eight photodetectors 631-638 corresponding to optical waveguides 21-28, respectively is installed above the Kohei side waveguide mold circuit 1 rather than the slot 3 in the location of the upstream.

[0094] In addition, in drawing 7, while Kohei side waveguide mold circuit 1 grade is shown in the condition except the photodetector array 62, in order to show physical relationship with the photodetector array 62 of each part, the alternate long and short dash line is illustrating the photodetector array 62 and photodetectors 631-638.

[0095] this operation gestalt -- setting -- the optical waveguides 21-28 of eight channels -- the optical-path isolation means for isolating reflected light ways is established in the Kohei side waveguide mold circuit 1 where a part of signal light transmitted in each becomes between each eight reflected light way to eight reflected light ways reflected in the photodetectors 631-638 which correspond with the reflective filter 4. This optical-path isolation means is for controlling generating of the cross talk between the adjoining channels.

[0096] specifically with this operation gestalt, the light which passes to the reflected light way which adjoins from a reflected light way in the Kohei side waveguide mold circuit 1 is covered -- as -- eight optical waveguides 21-28 -- the optical shielding layer 25 is formed between each.

[0097] That is, the optical shielding layers 251, 252, 253, 254, 255, 256, and 257 are formed between optical waveguides 25 and 26 between optical waveguides 24 and 25 between optical waveguides 23 and 24 between optical waveguides 22 and 23 between optical waveguides 21 and 22, respectively among optical waveguides 26 and 27 and among optical waveguides 27 and 28.

[0098] In addition, the configuration of the optical waveguide module in this 3rd operation gestalt is the same as that of the 2nd operation gestalt shown in drawing 5 and drawing 6, if the above-mentioned optical shielding layers 251-257 prepared in the Kohei side waveguide mold circuit 1 are removed.

[0099] Drawing 8 is the I-I arrow-head sectional view showing the cross-section structure of the optical waveguide module shown in drawing 7 along a direction vertical to the optical axis of 2n of optical waveguides (n=1-8). In addition, in this drawing 8, while expanding the part containing optical waveguides 23-25, the optical shielding layers 252-255, and photodetectors 633-635, the cross section passing through each center position of photodetectors 633-635 is shown (see the cross-section location B shown in drawing 6 by the dotted line).

[0100] The Kohei side waveguide mold circuit 1 consists of an up clad 21 formed so that the lower clad 22 formed on the substrate 10, eight cores 20 corresponding to the optical waveguides 21-28 mutually formed on the lower clad 22 at parallel and regular intervals, and the eight whole cores 20 (optical waveguides 21-28) might be covered, as shown in drawing 8. Moreover, the photodetector array 62 containing photodetectors 631-638 is installed above the up clad 21.

[0101] And in this operation gestalt, while the up clad 21 located among optical waveguides 21-28 is removed by the predetermined width of face x1, respectively, the optical shielding layers 251-257 which cover light are formed in the part to which the up clad 21 was removed. These optical shielding layers 251-257 are formed over the range of the predetermined die length l1 ranging over the slot 3, as shown in drawing 7.

[0102] If its attention is paid to optical waveguide 24 about the signal light of the 4th channel transmitted in the above configuration If outgoing radiation of the signal light transmitted in optical

waveguide 24 is carried out through the upstream end face 31 to the internal restoration resin section 51 in a slot 3 (refer to drawing 6), a part of signal light receives an optical axis. With the slanting reflective filter 4 It is reflected in the slanting upper part of the Kohei side waveguide mold circuit 1 with the predetermined reflection factor by which polarization compensation was carried out so that it might become equal to each polarization condition. Moreover, the amount of other signal Mitsunari penetrates the internal restoration resin section 51 and the reflective filter 4, and incidence is again carried out through the downstream end face 32 to optical waveguide 24.

[0103] On the other hand, incidence of the reflected light reflected by the reflective filter 4 is carried out through the internal restoration resin section 51 and optical waveguide 24 to a photodetector 634. And the monitor of the optical reinforcement of the signal light of the 4th channel currently transmitted in optical waveguide 24 is carried out from the optical reinforcement of the reflected light detected with the photodetector 634.

[0104] Moreover, the optical shielding layer 253 is formed in the up clad 21 by the side of optical waveguide 23 and a photodetector 633, in view of optical waveguide 24. The light by which optical waveguide 24 is spread to the photodetector 633 which adjoins by dispersion of light, the breadth of the light reflected and transmitted, etc. among the signal light currently transmitted is covered by this optical shielding layer 253, and generating of the cross talk between the 3rd and the 4th channel is prevented.

[0105] Moreover, the optical shielding layer 254 is formed in the up clad 21 by the side of optical waveguide 25 and a photodetector 635, in view of optical waveguide 24. The light by which optical waveguide 24 is spread to the photodetector 635 which adjoins by dispersion of light, the breadth of the light reflected and transmitted, etc. among the signal light currently transmitted is covered by this optical shielding layer 254, and generating of the cross talk between the 4th and the 5th channel is prevented.

[0106] In this operation gestalt, the optical shielding layers 251-257 are formed as an optical-path isolation means to isolate reflected light ways, in the Kohei side waveguide mold circuit 1 to the reflected light way from the reflective filter 4 to photodetectors 631-638. Thereby, generating of the cross talk between the adjoining channels can be prevented certainly as mentioned above.

[0107] It is desirable to use the optical shielding material which has the effectiveness which covers light as optical shielding layers 251-257 prepared in the Kohei side waveguide mold circuit 1 when absorption, an echo, or dispersion carries out light of signal light wave length. The glass which specifically added the additive which has the optical absorption effectiveness, such as germanium (germanium), to high concentration can be used as an optical shielding material.

[0108] moreover, as the formation approach of the optical shielding layers 251-257, it is shown in drawing 7 and drawing 8, for example -- as -- eight optical waveguides 21-28 -- there is the approach of forming seven slots of width of face x1 and die length l1 in optical waveguide and abbreviation parallel ranging over a slot 3, respectively between each, and filling up the inside of the slot with an optical shielding material. moreover, the optical shielding layers 251-257 -- about each width of face x1 and die length l1, it is desirable to set up so that the shielding effect of the light between the adjoining channels may fully be secured, without narrowing a 63n [of photodetectors] reflected light way too much from the reflective filter 4. Or it is good also as a configuration which prepares an optical shielding layer in from the input edge 11 of the Kohei side waveguide mold circuit 1 to [whole] an outgoing end 12.

[0109] As an example, the cross talk has been improved to <-30dB level to the condition that the cross talk deteriorated to -22dB, by preparing an optical shielding layer in the up clad of the Kohei side waveguide mold circuit as mentioned above. Moreover, since the waveguide of the scattered light is controlled to some extent even when not filling up the interior of an optical shielding layer with the matter, the improvement effect of a cross talk is acquired, for example, -22dB is improved to -28dB.

[0110] Drawing 9 is the top view showing the configuration of the 4th operation gestalt of an optical waveguide module. This optical waveguide module is equipped with the Kohei side waveguide mold circuit 1 constituted by having eight optical waveguides (eight channels) 21-28 of the flat-surface waveguide mold formed on the substrate 10 and the substrate 10 like the 1st operation gestalt.

[0111] Each of optical waveguides 21-28 is mutually formed in parallel and regular intervals toward the outgoing end 12 along the predetermined direction of optical transmission (the direction of the arrow

head in drawing 9) from the input edge 11 of the Kohei side waveguide mold circuit 1. Moreover, the slot 3 which crosses optical waveguides 21-28 is established in the predetermined part to the direction of optical transmission of the Kohei side waveguide mold circuit 1.

[0112] This slot 3 is closed with restoration resin 5 while the reflective filter 4 for reflecting a part of signal light transmitted to that inside in each optical waveguides 21-28 is installed. Moreover, rather than the slot 3, while the submounting substrate 70 is installed above the Kohei side waveguide mold circuit 1, the photodetector array 64 which has eight photodetectors 651-658 corresponding to optical waveguides 21-28, respectively is installed above restoration resin 5 and the submounting substrate 70 in the location of the upstream.

[0113] In addition, in drawing 9 , while the Kohei side waveguide mold circuit 1 and submounting substrate 70 grade are shown in the condition except the photodetector array 64, in order to show physical relationship with the photodetector array 64 of each part, the alternate long and short dash line is illustrating the photodetector array 64 and photodetectors 651-658. Moreover, while the submounting substrate 70 is an installation member (mounting member) for laying the photodetector array 64, wiring, an electrode, etc. for reading the photodetection signal from photodetectors 651-658 are formed in the top face as typically shown in drawing 9 .

[0114] this operation gestalt -- setting -- the optical waveguides 21-28 of eight channels -- the optical-path isolation means for isolating reflected light ways is established in the restoration resin 5 with which a part of signal light transmitted in each becomes between each eight reflected light way to eight reflected light ways reflected in the photodetectors 651-658 which correspond with the reflective filter 4. This optical-path isolation means is for controlling generating of the cross talk between the adjoining channels.

[0115] Specifically, it fills up with this operation gestalt so that the predetermined range of the top face of the Kohei side waveguide mold circuit 1 containing a slot upside may be closed in addition to the inside of the restoration resin 5 fang furrow 3. And to the up restoration resin section which closes the top face of the Kohei side waveguide mold circuit 1, the optical electric shielding sections 711-717 are formed in the submounting substrate 70 located in the upstream so that it may project in up restoration resin circles at a pectinate form.

[0116] Namely, if it sees by response with the optical waveguides 21-28 in the Kohei side waveguide mold circuit 1 Between optical waveguides 25 and 26 between optical waveguides 24 and 25 between optical waveguides 23 and 24 between optical waveguides 22 and 23 between optical waveguides 21 and 22 among optical waveguides 26 and 27 and among optical waveguides 27 and 28 Respectively, the optical electric shielding sections 711, 712, 713, 714, 715, 716, and 717 are formed.

[0117] In addition, the configuration of the optical waveguide module in this 4th operation gestalt is the same as that of the 1st operation gestalt shown in drawing 1 and drawing 2 , if the above-mentioned optical electric shielding sections 711-717 prepared in the submounting substrate 70 are removed.

[0118] Drawing 10 is the II-II arrow-head sectional view showing the cross-section structure of the optical waveguide module shown in drawing 9 along a direction vertical to the optical axis of 2n of optical waveguides (n=1-8). In addition, in this drawing 10 , while expanding the part containing optical waveguides 23-25, the optical electric shielding sections 712-715, and photodetectors 653-655, the cross section passing through each center position of photodetectors 653-655 is shown (see the cross-section location A shown in drawing 2 by the dotted line).

[0119] The Kohei side waveguide mold circuit 1 consists of an up clad 21 formed so that the lower clad 22 formed on the substrate 10, eight cores 20 corresponding to the optical waveguides 21-28 mutually formed on the lower clad 22 at parallel and regular intervals, and the eight whole cores 20 (optical waveguides 21-28) might be covered, as shown in drawing 10 .

[0120] The up restoration resin section 52 which is the part which is closing the predetermined range of the top face of the Kohei side waveguide mold circuit 1 among restoration resin 5 is formed in the top-face side of the up clad 21 (refer to drawing 2). Besides, the section restoration resin section 52 serves as the submounting substrate 70 and height of abbreviation identitas. Moreover, the photodetector array 64 containing photodetectors 651-658 is installed above the up restoration resin section 52 and the

submounting substrate 70. However, the lower part part of photodetectors 651-658 serves as the up restoration resin section 52 which the light from the reflective filter 4 can pass among the photodetector arrays 64.

[0121] And in this operation gestalt, the optical electric shielding sections 711-717 of the pectinate form formed in the end face which touches the up restoration resin section 52 of the submounting substrate 70 by predetermined width-of-face x_2 , respectively are formed to the up restoration resin section 52 of the location which corresponds among optical waveguides 21-28 (between photodetectors 651-658). The optical electric shielding sections 711-717 have structure which projects, respectively in the up restoration resin section 52 in the downstream of the submounting substrate 70. Moreover, these optical electric shielding sections 711-717 are formed over the range of the predetermined die length l_2 , as shown in drawing 9.

[0122] If its attention is paid to optical waveguide 24 about the signal light of the 4th channel transmitted in the above configuration If outgoing radiation of the signal light transmitted in optical waveguide 24 is carried out through the upstream end face 31 to the internal restoration resin section 51 in a slot 3 (refer to drawing 2), a part of signal light receives an optical axis. With the slanting reflective filter 4 It is reflected in the slanting upper part of the Kohei side waveguide mold circuit 1 with the predetermined reflection factor by which polarization compensation was carried out so that it might become equal to each polarization condition. Moreover, the amount of other signal Mitsunari penetrates the internal restoration resin section 51 and the reflective filter 4, and incidence is again carried out through the downstream end face 32 to optical waveguide 24.

[0123] On the other hand, incidence of the reflected light reflected by the reflective filter 4 is carried out to a photodetector 654 through the internal restoration resin section 51, optical waveguide 24, and the up restoration resin section 52. And the monitor of the optical reinforcement of the signal light of the 4th channel currently transmitted in optical waveguide 24 is carried out from the optical reinforcement of the reflected light detected with the photodetector 654.

[0124] Moreover, the optical electric shielding section 713 is formed in the up restoration resin section 52 by the side of optical waveguide 23 and a photodetector 653, in view of optical waveguide 24. The light by which optical waveguide 24 is spread to the photodetector 653 which adjoins by dispersion of light, the breadth of the light reflected and transmitted, etc. among the signal light currently transmitted is covered by this optical electric shielding section 713, and generating of the cross talk between the 3rd and the 4th channel is prevented.

[0125] Moreover, the optical electric shielding section 714 is formed in the up restoration resin section 52 by the side of optical waveguide 25 and a photodetector 655, in view of optical waveguide 24. The light by which optical waveguide 24 is spread to the photodetector 655 which adjoins by dispersion of light, the breadth of the light reflected and transmitted, etc. among the signal light currently transmitted is covered by this optical electric shielding section 714, and generating of the cross talk between the 4th and the 5th channel is prevented.

[0126] In this operation gestalt, the optical electric shielding sections 711-717 are formed as an optical-path isolation means to isolate reflected light ways, in the up restoration resin section 52 of restoration resin 5 to the reflected light way from the reflective filter 4 to photodetectors 651-658. Thereby, generating of the cross talk between the adjoining channels can be prevented certainly as mentioned above.

[0127] It is desirable to use the optical shielding material which has the effectiveness which covers light by absorbing, reflecting or scattering about the light of signal light wave length as the optical electric shielding sections 711-717 prepared in the submounting substrate 70 so that it may project in restoration resin 5. Specifically, an alumina etc. can be used as an optical shielding material.

[0128] In forming the optical electric shielding sections 711-717 in the submounting substrate 70 and one as mentioned above, it forms for example, submounting substrate 70 the very thing with an optical shielding material. moreover, the optical electric shielding sections 711-717 -- about each width-of-face x_2 and die length l_2 , it is desirable to set up so that the shielding effect of the light between the adjoining channels may fully be secured, without narrowing a 65n [of photodetectors] reflected light way too

much from the reflective filter 4.

[0129] As an example, the cross talk has been improved to $<-23\text{dB}$ level to the condition that the cross talk deteriorated to -22dB , by preparing the optical electric shielding section in the up restoration resin circles of restoration resin as mentioned above.

[0130] Drawing 11 is the top view showing the configuration of the 5th operation gestalt of an optical waveguide module. This optical waveguide module is equipped with the Kohei side waveguide mold circuit 1 constituted by having eight optical waveguides (eight channels) 21-28 of the flat-surface waveguide mold formed on the substrate 10 and the substrate 10 like the 1st operation gestalt.

[0131] Each of optical waveguides 21-28 is mutually formed in parallel and regular intervals toward the outgoing end 12 along the predetermined direction of optical transmission (the direction of the arrow head in drawing 11) from the input edge 11 of the Kohei side waveguide mold circuit 1. Moreover, the slot 3 which crosses optical waveguides 21-28 is established in the predetermined part to the direction of optical transmission of the Kohei side waveguide mold circuit 1.

[0132] This slot 3 is closed with restoration resin 5 while the reflective filter 4 for reflecting a part of signal light transmitted to that inside in each optical waveguides 21-28 is installed. Moreover, rather than the slot 3, while the submounting substrate 72 is installed above the Kohei side waveguide mold circuit 1, the photodetector array 66 which has eight photodetectors 671-678 corresponding to optical waveguides 21-28, respectively is installed above restoration resin 5 and the submounting substrate 72 in the location of the upstream.

[0133] In addition, in drawing 11, while the Kohei side waveguide mold circuit 1 and submounting substrate 72 are shown in the condition except the photodetector array 66, in order to show physical relationship with the photodetector array 66 of each part, the alternate long and short dash line is illustrating the photodetector array 66 and photodetectors 671-678. Moreover, while the submounting substrate 72 is an installation member (mounting member) for laying the photodetector array 66, wiring, an electrode, etc. for reading the photodetection signal from photodetectors 671-678 are formed in the top face as typically shown in drawing 11.

[0134] this operation gestalt -- setting -- the optical waveguides 21-28 of eight channels -- the optical-path isolation means for isolating reflected light ways is established in the Kohei side waveguide mold circuit 1 where a part of signal light transmitted in each becomes between each eight reflected light way to eight reflected light ways reflected in the photodetectors 671-678 which correspond with the reflective filter 4. This optical-path isolation means is for controlling generating of the cross talk between the adjoining channels.

[0135] specifically with this operation gestalt, the light which passes to the reflected light way which adjoins from a reflected light way in the Kohei side waveguide mold circuit 1 is covered -- as -- eight optical waveguides 21-28 -- the optical shielding layer 26 is formed between each.

[0136] That is, the optical shielding layers 261, 262, 263, 264, 265, 266, and 267 are formed between optical waveguides 25 and 26 between optical waveguides 24 and 25 between optical waveguides 23 and 24 between optical waveguides 22 and 23 between optical waveguides 21 and 22, respectively among optical waveguides 26 and 27 and among optical waveguides 27 and 28.

[0137] In addition, the configuration of the optical waveguide module in this 5th operation gestalt is the same as that of the 1st operation gestalt shown in drawing 1 and drawing 2, if the above-mentioned optical shielding layers 261-267 prepared in the Kohei side waveguide mold circuit 1 are removed.

[0138] Drawing 12 is the III-III arrow-head sectional view showing the cross-section structure of the optical waveguide module shown in drawing 11 along a direction vertical to the optical axis of 2n of optical waveguides ($n=1-8$). In addition, in this drawing 12, while expanding the part containing optical waveguides 23-25, the optical shielding layers 262-265, and photodetectors 673-675, the cross section passing through each center position of photodetectors 673-675 is shown (see the cross-section location A shown in drawing 2 by the dotted line).

[0139] The Kohei side waveguide mold circuit 1 consists of an up clad 21 formed so that the lower clad 22 formed on the substrate 10, eight cores 20 corresponding to the optical waveguides 21-28 mutually formed on the lower clad 22 at parallel and regular intervals, and the eight whole cores 20 (optical

waveguides 21-28) might be covered, as shown in drawing 12 .

[0140] The up restoration resin section 52 which is the part which is closing the predetermined range of the top face of the Kohei side waveguide mold circuit 1 among restoration resin 5 is formed in the top-face side of the up clad 21 (refer to drawing 2). Besides, the section restoration resin section 52 serves as the submounting substrate 72 and height of abbreviation identitas. Moreover, the photodetector array 66 containing photodetectors 671-678 is installed above the up restoration resin section 52 and the submounting substrate 72. However, the lower part part of photodetectors 671-678 serves as the up restoration resin section 52 which the light from the reflective filter 4 can pass among the photodetector arrays 66.

[0141] And in this operation gestalt, while the up clad 21 located among optical waveguides 21-28 is removed by the predetermined width of face x3, respectively, the optical shielding layers 261-267 which cover light are formed in the part to which the up clad 21 was removed. These optical shielding layers 261-267 are formed over the range of the predetermined die length l3 ranging over the slot 3, as shown in drawing 11 .

[0142] If its attention is paid to optical waveguide 24 about the signal light of the 4th channel transmitted in the above configuration If outgoing radiation of the signal light transmitted in optical waveguide 24 is carried out through the upstream end face 31 to the internal restoration resin section 51 in a slot 3 (refer to drawing 2), a part of signal light receives an optical axis. With the slanting reflective filter 4 It is reflected in the slanting upper part of the Kohei side waveguide mold circuit 1 with the predetermined reflection factor by which polarization compensation was carried out so that it might become equal to each polarization condition. Moreover, the amount of other signal Mitsunari penetrates the internal restoration resin section 51 and the reflective filter 4, and incidence is again carried out through the field 32 besides the downstream to optical waveguide 24.

[0143] On the other hand, incidence of the reflected light reflected by the reflective filter 4 is carried out to a photodetector 674 through the internal restoration resin section 51, optical waveguide 24, and the up restoration resin section 52. And the monitor of the optical reinforcement of the signal light of the 4th channel currently transmitted in optical waveguide 24 is carried out from the optical reinforcement of the reflected light detected with the photodetector 674.

[0144] Moreover, the optical shielding layer 263 is formed in the up clad 21 by the side of optical waveguide 23 and a photodetector 673, in view of optical waveguide 24. The light by which optical waveguide 24 is spread to the photodetector 673 which adjoins by dispersion of light, the breadth of the light reflected and transmitted, etc. among the signal light currently transmitted is covered by this optical shielding layer 263, and generating of the cross talk between the 3rd and the 4th channel is prevented.

[0145] Moreover, the optical shielding layer 264 is formed in the up clad 21 by the side of optical waveguide 25 and a photodetector 675, in view of optical waveguide 24. The light by which optical waveguide 24 is spread to the photodetector 675 which adjoins by dispersion of light, the breadth of the light reflected and transmitted, etc. among the signal light currently transmitted is covered by this optical shielding layer 264, and generating of the cross talk between the 4th and the 5th channel is prevented.

[0146] In this operation gestalt, the optical shielding layers 261-267 are formed as an optical-path isolation means to isolate reflected light ways, in the Kohei side waveguide mold circuit 1 to the reflected light way from the reflective filter 4 to photodetectors 671-678 like the optical shielding layers 251-257 in the 3rd operation gestalt shown in drawing 7 and drawing 8 . Thereby, generating of the cross talk between the adjoining channels can be prevented certainly as mentioned above.

[0147] Moreover, in this way, it is filled up with resin between the up clad 21 of optical waveguides 21-28, and the photodetector array 66, and according to the configuration which formed the up restoration resin section 52, even when irregularity etc. is shown in the front face of the up clad 21, the scattered reflection of light and dispersion by it are controlled.

[0148] As an example, the cross talk has been improved to <-28dB level to the condition that the cross talk deteriorated to -20dB, by preparing an optical shielding layer in the up clad of the Kohei side waveguide mold circuit as mentioned above.

[0149] The optical waveguide module by this invention is not restricted to the above-mentioned

operation gestalt and the above-mentioned example, and various deformation is possible for it. For example, although the difference of the reflection factor in reflective filter 4 the very thing is compensated about polarization compensation of the difference of the reflection factor in the reflective filter 4, when generating of the polarization dependency by the echo by $2n$ of optical waveguides, restoration resin 5, and the interface of $6n$ of photodetectors etc. is known beforehand, the reflection factor which also compensates them may constitute the reflective filter 4.

[0150] Moreover, about the optical-path isolation means for preventing generating of the cross talk between the adjoining channels, the thing of not only the configuration mentioned above but various configurations may be used. For example, when preparing an optical electric shielding member in restoration resin, it is good also as a member different from a submounting substrate, and an optical electric shielding member may be prepared in internal restoration resin circles. Or it is good also as a configuration which uses together the optical electric shielding member prepared in an up clad, the optical electric shielding member prepared in restoration resin, and improves a cross talk further.

[0151]

[Effect of the Invention] The optical waveguide module by this invention acquires the following effectiveness, as explained to the detail above. That is, while forming the slot on slanting so that optical waveguide may be crossed, a part of signal light is reflected with the reflective filter installed inside the slot, and according to the optical waveguide module of a configuration of using for the monitor of optical reinforcement, the configuration and production process of an optical circuit are simplified. Moreover, it becomes possible not to be concerned with the polarization condition of signal light, but to carry out the monitor of the optical reinforcement correctly by using the reflective filter with which polarization compensation by which the reflection factor between each cross polarization is made equal was realized. Moreover, since the inside of the slot containing a reflective filter is closed with restoration resin, degradation of the long-term stability of operation by their being polluted is prevented.

[0152] Such an optical waveguide module can be applied as a signal light monitor on the strength inserted all over the optical circuit which consists of an optical fiber or Kohei side waveguide. Or it is also possible by preparing in the predetermined part of the Kohei side waveguide mold circuits, such as an optical multiplexing machine, an optical separator, and an optical attenuator, to consider as the configuration which carries out the monitor of the signal light reinforcement all over an optical circuit.

[0153] Moreover, generating of the cross talk between the adjoining channels can be prevented as much as possible by establishing an optical-path isolation means between the reflected light ways where the signal light of N channel reflected by the reflective filter adjoins to the reflected light way of N individual spread to a photodetector. This becomes possible to carry out the monitor of the optical reinforcement of the signal light in each channel to accuracy about the signal light of N channel transmitted in each optical waveguide.

[Translation done.]